

# アスファルト

第29卷 第147号 昭和61年4月発行

# 147

## 特集・アスファルト舗装に関する試験調査法

特集にあたって	川島義昭	2
たわみ測定試験	野上幸治・内山鏡二郎	4
ホイールトラッキング試験方法	野上幸治・小島逸平	13
わだち掘れ測定	野上幸治・高橋哲躬	21
ひび割れ測定	野上幸治・高橋哲躬	26
アスファルトの回収試験	野上幸治・荒井孝雄	32
平坦性試験	野上幸治・宮洋光	40
アスファルトの品質試験	伊藤正秀	47
～各国の品質試験と供用性について～		

アスファルト舗装技術研究グループ・第22回研究報告 53

## 大型貨物自動車のインパクト

～OECDレポートより～ 吉村啓之 54

〈工事事務所長シリーズ・その28〉

瀬戸大橋と岡山県の幹線道路網 山田直重 69

〈用語の解説〉

ダイナフレクトたわみ量 小島逸平 72

油分離とステインインデックス・オリエンシステスト 井町弘光 73

総目次 第28巻 第143～146号（昭和60年度） 74

〈統計資料〉 石油アスファルト需給統計資料 76

第53回アスファルトゼミナール開催予告（61.6.20新潟市） 卷頭

# ASPHALT

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

第53回アスファルトゼミナール  
会員研修会

標記研修会を下記により開催することになりました。多数のご参加をお願い申し上げます。

1.日 時：昭和61年6月20日(金)

2.開催場所：新潟市「ニュー越路」

画950 新潟市明石1-1-7 ☎0252-45-8271

3.講演題目：

I 國際石油情勢の現状と今後の課題  
～原油価格と需給～

13:00～14:30

日本エネルギー経済研究所総合研究部研究主幹 田中紀夫氏

II 我が國の石油精製業の現状と今後の課題 14:35～16:05

通産省資源エネルギー庁石油部精製課課長 高橋光男氏

4.申し込み方法：

下記の申込書に記入のうえ参加費1名あたり2,000円を添えて現金書留にて、日本アスファルト協会会員研修会係宛までご送付下さい。折り返し領収書と受講券を送付いたしますので、当日受付までご持参下さい。

送付先 画105 東京都港区虎ノ門2-6-7 和孝第10ビル(☎03-502-3956)

なお、申し込みは定員(130名)になりしだい締め切らせていただきます。

5.申し込み期限：昭和61年6月10日(火)

.....キリトリ線.....

会員研修会参加申込書

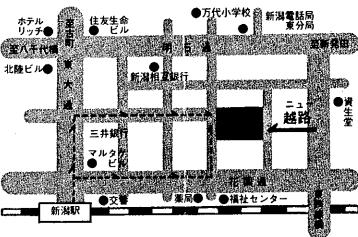
参加代表者名

電

勤務先住所(〒 )

	会社名	所属	氏名

合計 人申し込みます。



## 特集にあたって

川島義昭\*

前日本道路公団試験所 舗装試験室長

舗装の品質を表わす特性は何かといえば、舗装を造る目的から推察されるように、道路上の車を快適に走行させること、すなわち走行性であり、そして、走行性にすぐれる路面を長期間にわたって維持すること、すなわち耐久性である。

舗装の広義の耐久性の程度をはかる方法には、まだ充分確立されたものがない。しかし、昔から耐久性にまつわる舗装は多かれ少なかれ造られ続けているのであって、それはどのような材料を用いてどのように施工されたものであるかは、従来の経験によってかなり明らかにされている。したがって、舗装の耐久性はこれを直接にはかるというよりも、耐久性に関係すると考えられる材料の品質や施工条件をはかることによって表わされているということができる。

舗装を築造するに当たっては、はじめ舗装に要求される品質の水準を定めること、つまり舗装の設計が行なわれる。設計によって定められた品質の規定は仕様書などに明示され、施工は仕様書の規定を満足するように品質管理を行ないながら進められる。舗装が完成したときは、それが仕様書の規定を満足する品質のものであることを検査によって確認し、そこではじめて、舗装は所要の品質を備えた1個の製品として実用に供せられる。交通に開放後の供用期間中は、舗装の主として走行性に関する品質の低下の状況が供用性調査の名において経時に調べられる。

設計から供用までの過程において、品質の確認に利用される試験法を大きく分類すれば、構造設計のための試験、材料試験、配合設計のための試験、品質管理と検査のための試験、供用性に関する試験などとなる。

特に、維持修繕段階における試験は、主として修繕の工法選定や修繕時期の判断のために行うもので、このための舗装路面の供用性を的確に表現する手法は、現在のところ十分確立されているとはいがたく、これら問題点を包含している試験や測定に関しては、今後その方法や試験機器を含めて研究開発していくなければならない分野であることは言をまたないところである。

一方、最近の測定技術の進歩に伴い、アスファルト舗装に関する調査試験方法も新しい手法が開発され実用化されるに至っており、そのなかでも特に重要度の高いものとして、舗装体および舗装路面の供用性評価に関する調査試験を今回の特集としてとり挙げてみた。

ここでとり挙げた調査試験項目の各々について、その問題や背景について簡単にのべてみたい。

### ① たわみ量測定試験

たわみ量測定については、測定法そのものの問題より測定に用いる荷重車に関する問題が大きい。すなわち、測定に用いる8ton シングル軸トラックの確保が困難となっているため、現場で入手が容易な10ton タンデム軸トラックによる測定方法の検討が必要となっている。

そこで、現在広く用いられているベンケルマンビームによるたわみ量測定に基づいて、異なる荷重車による比較試験を実施しその分析を行った結果、タンデム車によるたわみ量測定から得られる弾性変形量からシングル車での最大変形量に換算することが可能であることが判明したため、その測定試験方法を提案している。

### ② ホイールトラッキング試験

ホイールトラッキング試験は、舗装の耐流動性を評価する試験として有効なものといわれ、近年急速に普及している試験方法である。しかしその試験方法の細部には整理統一すべき点がまだ多く、その条件等について検討する必要がある。

わが国の保有するホイールトラッキング試験機は、現在のところ約100セット程度であり、その仕様、機構にはかなりの違いがあるようである。そのため、まず供試体の作製方法を統一する意味でローラコンパクタによる締固めを行うこと、試験荷重は総荷重によって規定すると、試験輪のゴム硬度は、常温と試験温度で管理することなどの条件を規定している。

### ③ わだち掘れおよびひびわれ測定

舗装の管理を合理的かつ経済的に行なうためには、供用後の路面性状を的確に把握しておく必要がある。このようなことから、わだち掘れおよびひび割れ測定は、その

需要が近年急激に増加している。しかし、その利用法にはまだ問題が多く、得られた測定結果を舗装の維持修繕に十分反映しているとは言い難い。そこで、これら測定結果の利用法を中心として検討を進める必要がある。

現在行われているわだち掘れ測定方法のうち、測定方法には基本的に問題がないことが判明し、問題は、その得られたデータの利用方法であることが明らかとなった。そのため、いづれの測定方法であっても、得られたデータを修繕計画に反映するための評価方法を中心に提案を行うとともに、わだち掘れ測定の2、3の方法を紹介している。

一方、ひび割れ測定方法に関しては種々の方法があるが、まずそのひび割れの測定結果が直接舗装修繕に反映されていないことを指摘し、ひび割れ調査の運用法、ひび割れの量化手法およびひび割れ原因の把握の問題を浮き彫りにしている。ひび割れの調査測定には、大別して目視によるもの、測定車によるものおよびサンプリング調査があるが、これらは維持管理の各段階で適切に用いるべきであるので、その適用の流れを示すとともに、現在、目視によるひび割れの測定方法には適当なものがみあたらないことから、その方法を明確に提案している。

#### ④ アスファルトの回収試験

近年、アスファルト舗装のリサイクリングの普及などによりアスファルトの回収試験の必要性は急増していると言えよう。現在わが国で行われている回収試験は、米国で適用されている ASTM D-1856 のアブソン法を基本としたものであるが、その手順、使用器具などは統一性を著しく欠いている。そこで試験の行程のなかで最も基本的かつ重要なことは整理、統一しておく必要がある。

そのためにまず、アスファルトの回収試験に関して、米国の ASTM および国内の現状を調査し、そのうえで標準試験方法を設定して共通試験を実施している。

現在の ASTM に示されているアブソン回収試験方法は、わが国に導入された時点のものに比べ随所を改訂して実施されており、その主なものは抽出および蒸留によるアスファルトの劣化を意識したための新たな手法および器具を採用したことにあると指摘している。

現在、わが国で行われているアスファルトの回収試験はアスファルト混合物試料のかきほぐし、アスファルトの抽出および蒸留の各試験行程とも、実施機関によって相当の差違があること、さらに使用器具も著しく統一性

を欠いていることである。そのために実施したアスファルト回収の共通試験から、針入度試験そのものにバラツキがあることがわかったが、それを補正した後の針入度の変動係数は10%以内となることが期待でき、標準試験法の設定が可能であることが明らかとなったことから、統一試験方法の提案を行っている。

#### ⑤ 平坦性試験

平坦性試験方法には種々あるが、特に高速道路における平坦性試験は、8mプロフィルメータによる方法である。しかしながら、この8mプロフィルメータによる方法は維持修繕工事への適用を考えた場合、安全性などの面から非常に問題があり、現在国道等の修繕工事で使用されている3mプロフィルメータを用いる方法についてその適用の必要があることが提起され検討を加えている。

平坦性試験に関しては、これまでわが国においては3mプロフィルメータが多く用いられており、一部の高速道路において建設時の平坦性評価として8mプロフィルメータが用いられているのが現状である。

検討事項の一つとして、3mプロフィルメータのσと8mプロフィルメータのPrIの相関関係を検討した結果、換算することは適当ではないことが明らかとなった。また、種々の手法で測定されている3mプロフィルメータによる平坦性試験法の紹介を行っている。

#### ⑥ アスファルト品質試験

アスファルト品質試験の目的は、アスファルトそのものに要求される品質規格とアスファルト混合物を舗装体とした時、気象条件や交通条件に対して生ずる種々の現象をバインダーの性状に照らして評価することにある。このことは、アスファルト舗装の供用性と品質試験項目の対応を明確にするとともにアスファルトの品質試験各項目ごとの試験法の位置づけおよび規格値の検討を行う必要に迫られているということである。

今回は、アスファルトの品質の現状を把え、各試験項目ごとにおける対応について述べるとともにアスファルトの品質に必要となる規格の検討を行っている。

舗装の試験調査方法は、材料に関するものから建設された舗装の供用性に関するものまで多岐にわたっており、その項目も非常に多い。またこれらの試験はそれぞれの時代の要求を背景として個々に進歩するものである。この特集が舗装の維持管理のうえで貴重な資料となるものと確信するものである。

# たわみ測定試験

野上幸治\*・内山鏡二郎\*\*

## 1. まえがき

日本道路公団では、ベンケルマンビームによるたわみ測定試験を路床・路盤の管理試験およびアスファルト舗装の構造的健全度の評価の一手法として多用している。

ベンケルマンビームによるたわみ測定には、従来、温度ならびに荷重補正、ビーム脚の沈下および測定器の規格化などの問題が指摘されている。また、最近ではこれらの問題のほか、測定に使用する荷重車の確保が問題となってきた。すなわち、現試験法に規定された荷重車である8tのシングル軸トラック（以下シングル車という）の入手が、近年のダンプトラックの大型化に伴ない極めて困難となってきたのである。このため、現場で入手しやすい10tタンデム軸ダンプトラック（以下タンデム車という）を荷重車とした時の試験法について検討する必要は極めて高いと言える。

本報文では、たわみ測定試験の現状等を種々の文献から明らかにしたうえ、主に路床・路盤の管理試験に用いることを前提としたベンケルマンビーム法のタンデム車による測定法に関する検討を行なう。

## 2. たわみ測定装置の概要

ここでは現在用いられている種々のたわみ測定装置の概要を各種文献に基づき整理してみる。

### (1) ベンケルマンビーム<sup>1)</sup>

ベンケルマンビームは1953年にアメリカのA.C. Benkelmanによって開発され、測定装置は図-1に示す簡単なものである。測定は、規定の輪荷重とタイヤ空気圧に調整されたダンプトラックの測定輪を測定位置に止め、ビーム先端をダブルタイヤの中央に差込む。次にトラックを約2km/hの速度で動かしたときのビーム先端の動きを、手元にあるダイヤルゲージで読み取り、その値に倍率（2倍）をかければたわみ量が求まる。

なお、この方法には普通たわみ法と復元たわみ法があり、前者は最大変形量を、後者は弾性変形量をたわみ量として与える。

### (2) デフレクトグラフ（ラクロア）<sup>2)</sup>

デフレクトグラフは、1963年にフランスの中央土木研究所で開発された装置で、その外観は写真-1に示したとおりである。この装置は、車体下部に組み込んだ測定

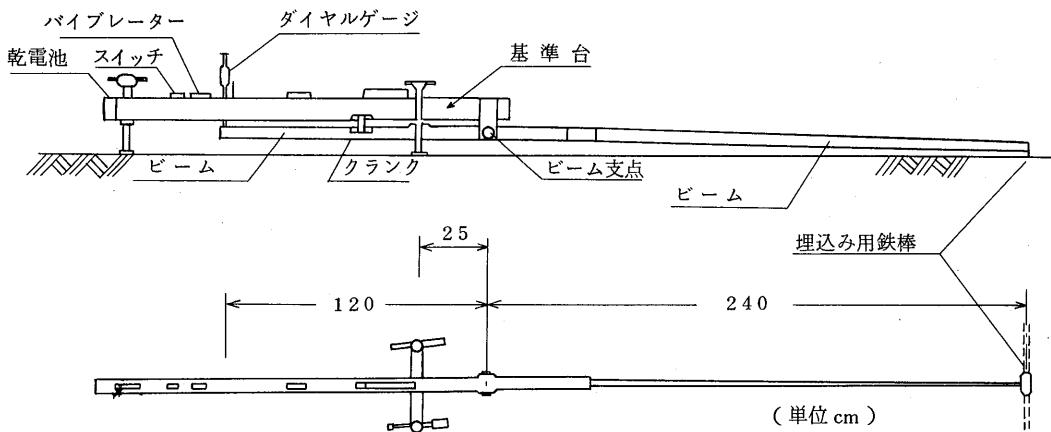


図-1 ベンケルマンビーム

\* のがみ こうじ 日本道路公団技術部道路技術課 \*\* うちやま きょうじろう 前田道路機技術研究所



写真-1 デフレクトグラフ

用ビームが後軸ダブルタイヤの間に入り、この2本のビームの先端が路面に接触して変位を検出する。検出された変位は自記録計にたわみ曲線として記録される。

この装置では載荷荷重を10t（13tも可能）で、後輪左右2箇所の変位を同時に測定できるが、その測定速度は2.5km/hが標準である。

### (3) ロードレータ<sup>3)</sup>

ロードレータは Pavement Profiler とも呼ばれ、米国のバーチャ社で開発された写真-2に示すような装置である。この装置はトレーラー型で載荷装置、検出装置、

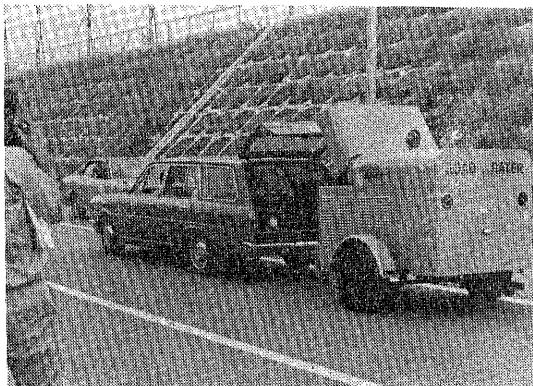


写真-2 ロードレータ

操作装置、記録装置から成っており、牽引車からの遠隔操作で一連の作業ができる。測定はトレーラーの自重により静荷重約1ton（9.8KN）を加え、次に動荷重が加えられる。動荷重は電気油圧サーボ方式により10~40Hzに可変でき最大約1tonまで載荷できる。たわみ量は、装置下面に取り付けられた4個のセンサにより路面のたわみ振幅として測定され、たわみ凹面の曲率も知ることができる。測定結果はたわみ量およびたわみ曲線として表わされる。

### (4) ダイナフレクト<sup>4)</sup>

ダイナフレクトは米国において開発された装置で、その外観は写真-3に示したとおりである。この装置はト

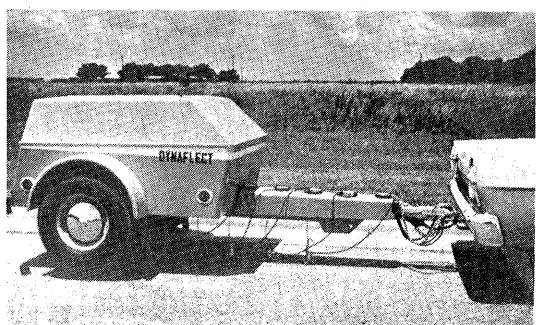


写真-3 ダイナフレクト

レーラー型で、動荷重発生装置、センサー（たわみ検出装置）と牽引車の中の制御ならびに測定装置より構成され、全ての測定操作は牽引車の運転席で行なうことができる。測定はトレーラーの自重（725kg）を中心に振幅約225kg（2.2KN）、振動数8Hzの正弦波の動荷重を剛性の2つの車輪に与え、30cm間隔に配置された5つのセンサーによって振動速度を検出する。この振動速度は、測定装置でアナログ積分されることによってたわみ量に変換され、約450kg（4.4KN）の荷重に対応したたわみ量として記録計に表示される。

測定結果はたわみ量とたわみ曲線で表わし、種々の指標による舗装の評価に用いられている。

### (5) サンパー<sup>5)</sup>

サンパー（Thumper）は米国連邦道路局によって開発された装置で、その外観は写真-4に示したとおりである。この装置には車軸間隔4mのバンに直線可変差動式（LVDT）、たわみ測定機を有する基準フレーム、油圧系統、空気圧系統、電子系統のユニットが組込まれ、技術者1人で運転台近くの制御盤からすべて操作できる。



写真-4 サンパー

測定は基準フレームを路面に固定し、荷重板から最高4,080 kg (40KN)、周期0.1 ~ 110 Hzまでの振動荷重を路面に与え、たわみ測定部からたわみ量を検出することにより行なう。測定結果はオシログラフおよびアナログ磁気テープ記録計に記録される。

この装置は、種々の周期の動荷重のもとで動的たわみを測定するだけでなく、たわみ量を面的分布でとらえ、たわみの時間経過を記録し、リバウンド率を測定し、永久たわみ量を測定することができる。なお、この装置は未だ日本には導入されていない。

(6) フォーリングウェイトデフレクトメータ(FWD)<sup>6)</sup>  
FWDは、写真-5に示す牽引型で、荷重装置、検出装

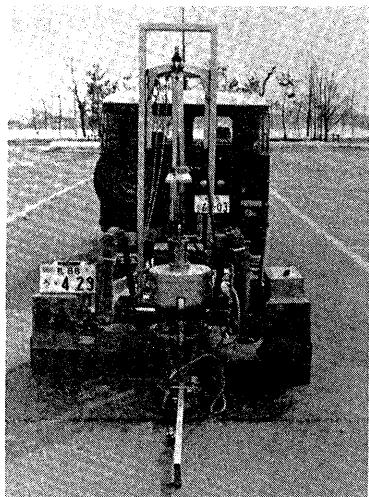


写真-5 フォーリングウェイトデフレクトメータ

置および記録装置などから構成された装置である。この装置による測定は、検出装置を路面に固定し、重りを落下(最大5 ton (49KN)の荷重)させ、検出装置によって載荷面の中心の他任意の2ヶ所のたわみを計測することによって行なう。測定結果は、荷重の大きさ、3点のたわみ量をデジタル量で得られ、データをハンドコンピュータに蓄積し、舗装構造データとともにフロッピーディスクに入れ、データバンク化し、種々の項目で検索することができる。

### 3. ベンケルマンビーム法の問題点

ベンケルマンビームによるたわみ測定法は、前述のように種々の問題点が指摘されているが、このうち荷重車に関するもの以外については種々の研究がなされ、それぞれの対策が提案されている<sup>7) 8) 9)</sup>。そこで、ここでは

荷重車に関する問題を中心に検討を進める。

#### 3-1 荷重車の推移

図-2は、財団法人自動車検査登録協力会発行の「諸分類別自動車保有車両数」の資料から、シングル車およびタンデム車の登録台数の推移を示したものである。

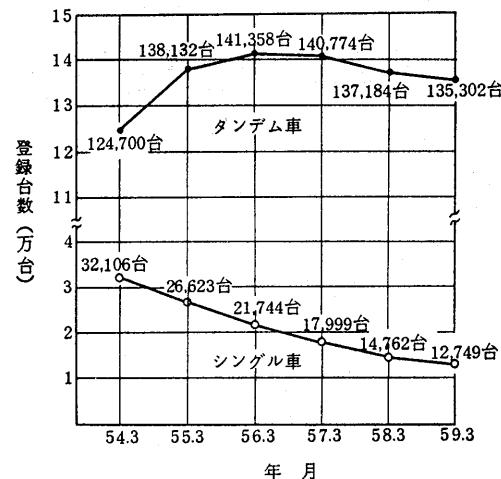


図-2 シングル車とタンデム車の推移

この図から、シングル車は昭和59年3月現在、タンデム車の1/10以下であり、昭和54年以降の前年度登録台数が17~18%減少していることがわかる。このような推移から、今後たわみ測定試験の荷重車であるシングル車の確保は、現在にも増して困難な状況に向うものと考えられる。したがって、現在、今後とも入手が容易なタンデム車を荷重車として使用した試験法の検討を急ぐ必要がある。

#### 3-2 タンデム車

##### (1) 諸元

タンデム車は車輌後部が後前軸と後々軸の2軸になっており、後前軸だけが駆動する1軸駆動と後前軸および後々軸の2軸共駆動する2軸駆動の2機種がある。1軸駆動のタンデム車は後前軸と後々軸の荷重差が大きい(最大積載量時で約4 ton)が、2軸駆動では後前軸および後々軸にかかる荷重分布がほぼ均等になっている。表-1はダンプトラック製造会社4社の代表的なタンデム車を抽出し、最大積載時における後前軸と後々軸にかかる荷重を示したものである。表によれば、タンデム車の機種により測定に使用する後軸の荷重が5.2 t~9.5 tと異なっていることがわかる。

したがって、タンデム車を荷重車として使用する場合には、その機種の統一が必要となろう。

表-1 10tダンプ最大積載量における各軸にかかる荷重 (単位:kg)

軸の区分 駆動の区分	前 軸	後 軸		備 考
		後前軸	後後軸	
一軸駆動	5,135	9,405	5,215	三菱K-FU313JD (19,755kg)
	4,875	9,405	5,390	日野K-FR270AD (19,670kg)
	5,110	9,460	5,275	いすゞK-SM451D (19,845kg)
	5,050	9,465	5,250	日産K-CD52HD (19,765kg)
二軸駆動	5,010	7,470	7,365	三菱K-FV313JD (19,850kg)
	4,790	7,545	7,435	日野K-FS270AD (19,770kg)
	5,135	7,390	7,290	いすゞK-SZ451D (19,815kg)
	4,895	7,500	7,355	日産K-CW52HD (19,750kg)

(注) 備考欄の( )内の数値は最大積載量時の総重量を表わす。

## (2) 複輪荷重

タンデム車によるたわみ測定試験では、路盤面で5t以上で8tの複輪荷重を使用している。これらと同様の複輪荷重をタンデム車で確保しようとした場合、タンデム車では後前軸と後々軸の2軸に積載荷重が分散されるため、シングル車に比較し、より多くの積載量が必要となる。特に路盤面以上に用いる8tの複輪荷重を得るために、43t~29tという積載量が必要となり、道路交通法などに照らせば、極めて問題と言わざるをえない。

タンデム車の荷重は佐藤<sup>10)</sup>によれば、荷を水平に積むことにより、後前軸および後々軸の荷重が均等に分布するが、積荷が水平でない場合には後前軸と後々軸の荷重の同一設定が困難としている。このことからタンデム車の場合、後軸2軸にある各車輪荷重がたわみ量に直接影響することを考えれば、輪荷重を一定にできる水平積みが望ましいと言える。

また、佐藤は積荷の高さと輪荷重について図-3を示している。(図中の砂および碎石の単位体積重量は1.46t/m<sup>3</sup>, 1.86t/m<sup>3</sup>, 三菱ふそうFV113JD)ここで、積荷の高さと輪荷重の関係が直線関係にあると仮定すれば、5t輪荷重にするための高さは砂で88cm, 碎石で68cm, 8t輪荷重にするための高さは砂で163cm, 碎石で126cmとなる。一般にタンデム車の荷台の高さは、60cm程度であることから、タンデム車による8t輪荷

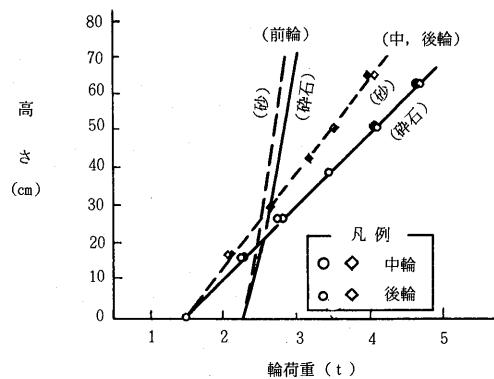


図-3 輪荷重と積荷の高さ(タンデム車)

重のたわみ量試験は不可能といえよう。

以上のことから、ベンケルマンビーム法に荷重車としてタンデム車を用いた時の問題点としては、複輪荷重の設定に関連して積荷の積荷方法および荷重の調整方法などがある。

## 4. タンデム車によるたわみ測定方法の検討

### 4-1 文献等による検討

アスファルト舗装の表層におけるタンデム車とシングル車の最大たわみ量の関係は、内田<sup>11)</sup>が図-4の測

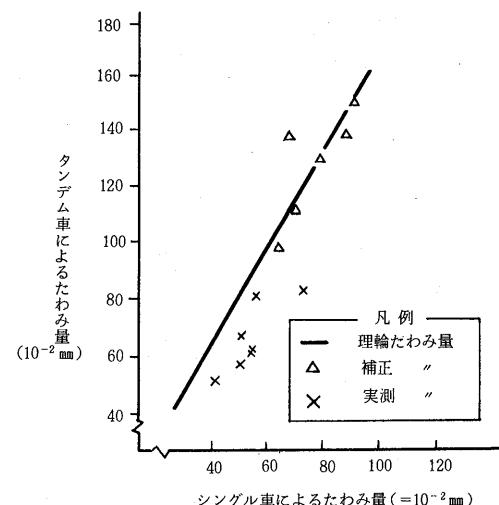


図-4 2軸車とタンデム車のたわみ量の関係

定結果を示している。図中の補正たわみ量はビーム脚の沈下を考慮し、式(1)で補正した値とし 理論たわみ量は多層弹性論(BISAR)を使用して計算している。

$$Zl = 2.76 Z(l + 265) - 1.76 Z(l + 415) + 2 d l \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここに、

$Z\ell$ : 荷重中心がプルーブから  $\ell$  cm 離れた場合の

プルーブ接地点の実際のたわみ量

$Z(\ell + 265)$ : 荷重中心がプルーブから  $\ell$  cm 離れた場合の前脚の実際の沈下量

$Z(\ell + 415)$ : 荷重中心がプルーブから  $\ell$  cm 離れた場合の後脚の実際の沈下量

$dl$ : ダイヤルゲージまたは自記記録の読み

(注) プルーブとはビームの先端をいう。

図から、実測のたわみ量だけを抽出し、タンデム車とシングル車の関係をみると、式(2)の相関式が推測される。

$$y = 1.009 x + 11.59 \quad \dots \dots \dots (2)$$

ここで、 $r = 0.81$  ( $n=8$ )

$y$  : シングル車のたわみ量

$x$  : タンデム車のたわみ量

しかし、理論的にはタンデム車の輪荷重 5 t によるたわみ量の 0.6 倍がシングル車の輪荷重 5 t のたわみ量になるとしている。

また、佐藤<sup>11)</sup>は等価単輪荷重 (ESWL) の方法をもとに計算し、シングル車 5 t 輪荷重に相当するタンデム車の輪荷重は 4.4 t であるとしている。

一方、道路公団試験所では関越自動車道（前橋～渋川間）の工事用道路の一部に試験道路を設け、アスファルト舗装の表層上におけるタンデム車とシングル車のたわみ測定比較試験を実施し、その結果を上島<sup>12)</sup>が報告している。

この試験では広範囲にたわみ量が分布するように 16 種類の舗装断面（ただし、表層土： 5 cm, アスファルト安定処理まで含めたアスコン層は 5~20 cm）を建設し、KODAN 102 ベンケルマンビームによるたわみ測定試験の復元たわみ法に従い、下記の条件で実施している。

シングル車 タンデム車

複輪荷重 5 t 5 t, 4 t

空気圧 7 kg/cm<sup>2</sup> 7 kg/cm<sup>2</sup>

(0.69 MPa) (0.69 MPa)

図-5 は、シングル車の輪荷重 5 t によるたわみ量 ( $ds_5$ ) とタンデム車の輪荷重 5 t によるたわみ量 ( $dt_5$ ) の関係を示したもので、回帰式は、

$$ds_5 = 0.807 dt_5 - 0.031 \quad \dots \dots \dots (3)$$

( $r = 0.96$ )

が得られ、両者には高い相関性がある。この結果から、タンデム車の輪荷重 5 t におけるたわみ量の 0.8 倍がシングル車の輪荷重 5 t におけるたわみ量としている。

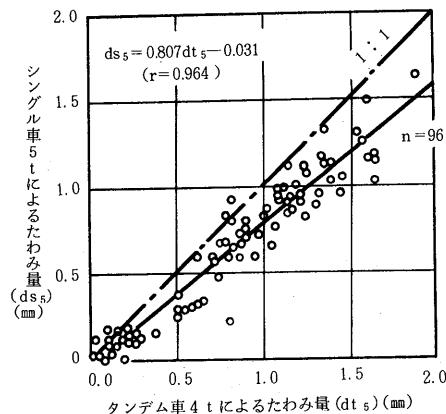


図-5 シングル車 5 t によるたわみ量と  
タンデム車 5 t によるたわみ量の関係

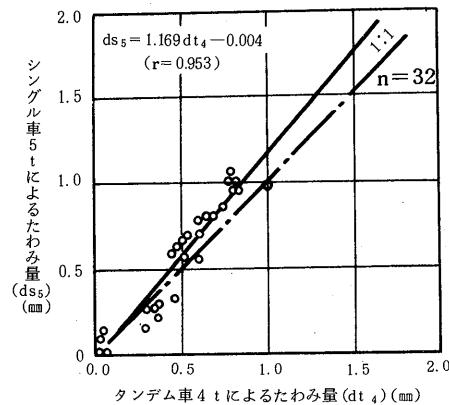


図-6 シングル車 5 t によるたわみ量と  
タンデム車 4 t によるたわみ量の関係

図-6 はシングル車の輪荷重 5 t におけるたわみ量 ( $ds_5$ ) とタンデム車の輪荷重 4 t によるたわみ量 ( $dt_4$ ) の関係を示したもので、回帰式は、

$$ds_5 = 1.169 dt_4 - 0.004 \quad \dots \dots \dots (4)$$

( $r = 0.95$ )

が得られ、ここでも両者には高い相関性がある。この結果から、タンデム車の輪荷重 4 t におけるたわみ量の 1.17 倍がシングル車の輪荷重 5 t におけるたわみ量としている。

以上の結果から、シングル車の輪荷重 5 t に相当するタンデム車の輪荷重を検討している。図-7 は、タンデム車の輪荷重  $ti$  t とシングル車の輪荷重 5 t によるたわみ量 ( $ds_5$ ) に対するタンデム車の輪荷重  $ti$  t によるたわみ量 ( $dt_i$ ) の比 ( $ds_5/dt_i$ ) との関係を示したもので、式(3)および式(4)の定数項はほぼ 0 に等しいため無視

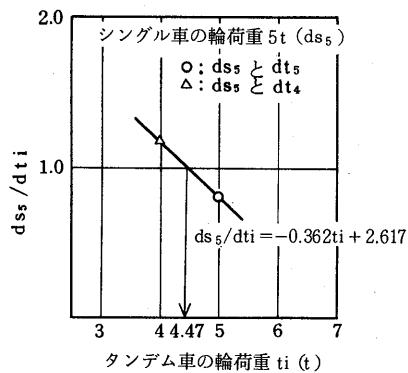


図-7 タンデム車の輪荷重と  $ds_5/dti$  の関係

し、 $ds_5/dti$  の関係すなわち、 $ds_5/dt_5 = 0.807$ 、 $ds_5/dt_4 = 1.169$  の値として使用した。この結果、図の 2 点を直線と仮定して結ぶとその式は、

$$ds_5/dti = -0.362t_i + 2.617 \quad \dots \dots \dots (5)$$

となり、シングル車の輪荷重 5t によるたわみ量と同等のタンデム車のたわみ量が得られるための輪荷重は 4.47t としている。この値は佐藤が ESWL の方法から算出した 4.4t とほぼ近似したものであった。

以上の文献による検討結果から、アスファルト舗装の表層上におけるタンデム車によるたわみ測定試験はタンデム車の輪荷重を変えるか、測定値の補正を考えれば、シングル車の輪荷重 5t によるたわみ測定試験と整合性がありそうである。

#### 4-2 現地における比較試験

日本道路公団では昭和59年5月～9月の5ヶ月間に施工している舗装工事および土工工事を抽出し、路床を対象としたタンデム車とシングル車のたわみ測定試験を実施した。

比較試験を行なった工事数は、10工事分で、工種は幅広いたわみ量を得るために、下層路盤、上・下部路床、上・下部路体の 5 工種とした。

たわみ測定試験は、シングル車の場合 KODAN102 ベンケルマンビームによるたわみ測定試験に従い、路床を対象としたため、普通たわみ法で複輪荷重 5t、空気圧 7 kg/cm<sup>2</sup> (0.69 MPa) とした。一方、タンデム車については、概ね KODAN102 に準拠し、下記に示す事項だけを変更して行なっている。

- ① 復元たわみ法とする。
- ② 複輪荷重 5t。但し、荷重車は 2 軸駆動の 10t タンデムトラックとし、後前軸と後々軸の荷重差が 200 kg 以下のものとする。
- ③ 調整方法は図-8 のとおりである。

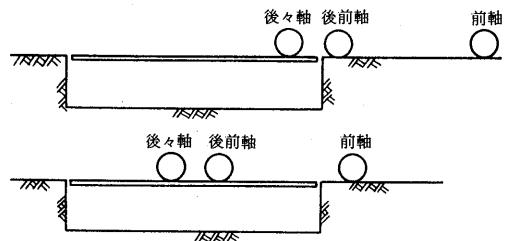


図-8 複輪荷重の調整方法

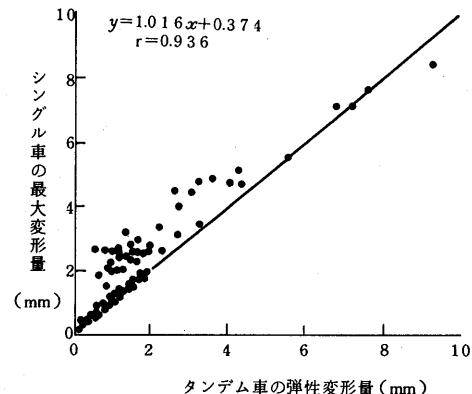


図-9 タンデム車による弾性変形量と  
シングル車による最大変形量の関係

④ 測定終了は荷重の影響がなくなる位置まで行なう。

図-9 はタンデム車の弾性変形量とシングル車の最大変形量の関係を示したものである。回帰式は  $y = 1.016x + 0.37$ 、相関係数は 0.94 で、タンデム車とシングル車のたわみ量は定数項を除けばほぼ 1 対 1 の関係を示し、

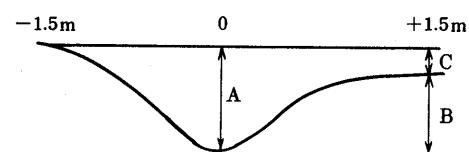


図-10 たわみ曲線

相関性ありといえよう。

ここで、回帰式の定数項は測定法の違いが考えられる。すなわち、

- ① シングル車では、普通たわみ法で図-10に示す A の最大変形量が得られ、タンデム車における復元たわみ法では図-10に示す B の弾性変形量が得られるため、両者の差 C の永久変形量が定数項と考えられること。
- ② 普通たわみ法では、ベンケルマンビームの前脚が

測定車輪から 0.7 m しか離れていない（復元たわみ法では 1.7 m）ため、前脚の沈下による影響が定数項と考えられること。  
などの理由が推測される。

以上のことから、路床を対象としたタンデム車とシングル車によるたわみ比較試験結果では測定法の違いによる影響を若干受けるものの、タンデム車の測定値に定数項を加えることにより、両者には整合性があることが判明した。

#### 4-3 タンデム車によるたわみ測定試験

タンデム車によるたわみ測定試験は、シングル車による方法と比較すれば、下記の事項が問題である。

- ① タンデム車では復元たわみ法に限定されること。
- ② 複輪荷重を 5 t 以下にしなければならないこと。
- ③ 複輪荷重の設定方法に関する条件を定め、後前輪および後々輪の荷重をほぼ等荷重にすること。

そこで、この問題点について前述 4 の調査結果を基に検討を加え、表-2 に示すたわみ測定試験方法を設定した。ここでは、たわみ測定試験の設定に関する検討結果の概要を紹介する。

表-2 タンデム車によるたわみ測定方法

##### 1. 適用範囲

この試験は、タンデム車によるたわみ測定試験方法について適用する。  
測定は復元たわみ法とし、路体、路床、アスファルト混合物を用いた層などの面のたわみ量を測定する場合に適用する。

##### 2. 用語の定義

たわみ量とは、所定の輪荷重を走行させたときに生じる走行面の変位量をいう。

##### 3. 試験用具

3.1 ベンケルマンビーム ベンケルマンビームはたわみを 1/2 以上倍率で測定でき、バイブレーター（ブザーなど）を備えたものとする。

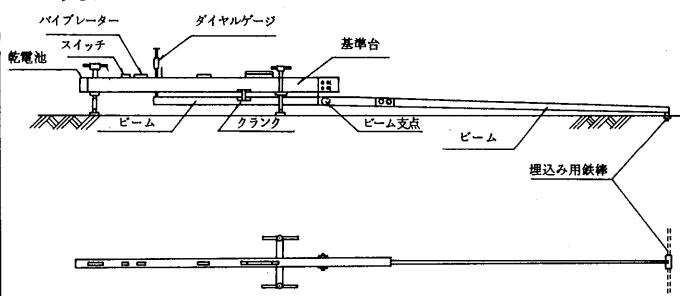


図-1 ベンケルマンビーム

3.2 埋込み用棒 埋込み用棒は、直径 16 mm、長さ 500 mm の鉄棒に 30 × 20 × 5 mm の鉄版を溶接したものとする。

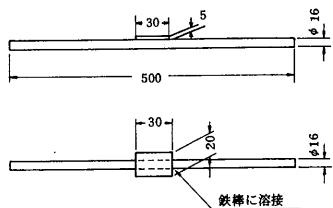


図-2 埋込み用鉄棒 単位:mm

3.3 輪荷重測定装置 輪荷重測定装置は所要の輪荷重が測定可能なトラックスケールで、感量 20 kg 以下のものとする。

3.4 タイヤプレッシャーゲージ タイヤプレッシャーゲージは能力 8 kg/cm² (0.78 MPa) 以上のもので、感量 0.1 kg/cm² (0.098 MPa) 以下のものとする。

3.5 ダイヤルゲージ ダイヤルゲージは、最小目盛 0.01 mm、長針の一回転に対するスピンドルの動き 1 mm、測定範囲 20 mm 以上のものとする。

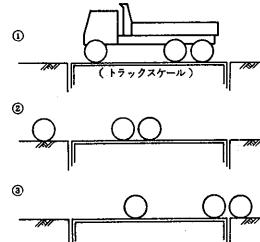
3.6 輪荷重 トラック後輪の複輪荷重及びタイヤ空気圧は、表-1 参照。

表-1 複輪荷重とタイヤ空気圧

測定面	複輪荷重	タイヤ空気圧
上部路体面		
下部路床面	5 ton	7.0 kg/cm² (0.69 MPa)
上部路床面		
表層面	4.5 ton	

3.7 荷重車 荷重車は、後軸駆動の 10 ton タンデム トラックとし、後前軸と後後軸の軸荷重差が 200 kg 以下のものとする。

3.8 荷重調整 荷重調整は図-3 に示す方法で行い、後後軸後前軸の荷重を測定する。



注1) トラックスケールは取付部と水平になっているものを使用する。

2) 後後軸と後前軸をできるだけ中央にセッショナル測定する。

図-3 荷重調整方法

##### 4. 試験方法

(1) 地盤又は、地盤が軟らかいときなど、必要があれば測定位置にトラック走行方向と直角に埋込棒を埋める。その際、鉄棒の中央に取付けられている鉄版の上面が、地表面と同一となるよう埋める。

鉄棒と堀削した境とのすき間には、砂を充てんし、その上をトラックの後輪で踏んで鉄棒を安定させる。

(2) 測定位置から後方 0.5 m の位置（始動位置）にトラックの後後輪を止め、後後輪の複輪間にベンケルマンビームを入れて、ビームの先端を測定位置に合わせる。（図-4 参照）

(3) 基準台を水平にしてから、基準台に付属しているバイブレーター（ブザーなど）を始動し、ダイヤルゲージの初期値を記録する。

(4) トラックを速度 2 km/hr でベンケルマンビームに接触しないように前進させ、後後輪が測定位置（ベンケルマンビームの先端）を通過して、輪荷重の影響がなくなる位置で止める。このとき、車輪が始動位

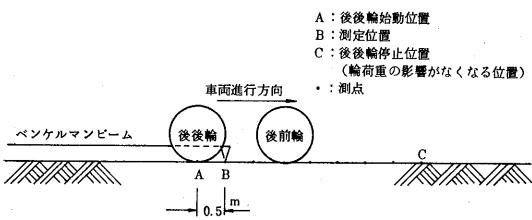


図-4 復元タワミ法

置より 0.5 m 進むごとにダイヤルゲージの読みを 1/100 mm まで読みとる。また、それ以外に最大変位量が生じた場合は、その位置と変位量を記録する。

なお、自記録装置付ベンケルマンビームを使用してもよい。

(5) タワミ量の測定は、連続 2 回の測定値がほぼ等しくなるまで行う。

## 5. 計算

(1) 変位量は次の式から求める。

$$\text{変位量} = \frac{\text{ダイヤルゲージの読み}}{\text{ベンケルマンビームの倍率}} \times \frac{1}{100} (\text{mm})$$

(2) 測定値は、2回の平均値として 0.01 mm まで報告する。

(3) 最大変位量は次の式から求める。

路床、路体の場合

$$\text{最大変位量} = (\text{変位の最大値} - \text{輪荷重の影響がなくなった時の変位量}) + 0.40 (\text{mm})$$

表層の場合

$$\text{最大変位量} = \text{変位の最大値} - \text{輪荷重の影響がなくなった時の変位量} (\text{mm})$$

## 6. 結果の整理

試験結果は、別添様式の用紙に整理する。

合、複輪荷重は路床上で 5 t、表層上で維持管理に限定するものとして 4.5 t とすることが妥当と思われる。

## (3) 複輪荷重の設定

タンデム車では複輪荷重の調整が難しい。特に、たわみ量の測定には後々輪の荷重だけでなく、後前輪が測定値に及ぼす影響も無視できないためである。そのため、後前輪と後々輪の荷重は等荷重にすることが必要条件となる。この等荷重については積荷を水平積みにすれば解決される。

なお、輪荷重の調整方法は図-11の順序で行なう方法が最良と考えられる。

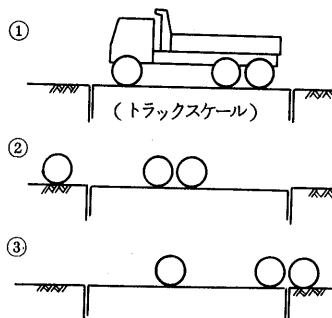


図-11 輪荷重測定方法

## (1) 測定方法

タンデム車では、たわみ測定方法が復元たわみ法に限定されるため、現行試験法における路床・路盤上の普通たわみ法の規定と異なってくる。しかし、今回の路床におけるたわみ比較試験結果では、タンデム車の弾性変形量とシングル車の最大変形量と高い相関性を示したことから、実用上問題ないものと思われる。

## (2) 複輪荷重

現行試験法の複輪荷重は、路床で 5 t、表層・路盤で 8 t である。今回の調査結果では、タンデム車およびシングル車の複輪荷重を路床上で各々 5 t と 5 t、表層上で各々 5 t と 5 t および 4 t と 5 t として比較したものが、それぞれの関係には高い相関性があるという結果が得られた。また、表層ではシングル車の複輪荷重 5 t におけるたわみ量がタンデム車の複輪荷重 4.5 t のそれに相当するという結果も 2 つの文献で一致している。

一方、タンデム車の複輪荷重は道路交通法などの運用面を考えると 5 t 以上にすることが困難であり、一般にはベンケルマンビームによるたわみ量測定試験が複輪荷重 5 t で行なっている現状などを考え合わせると 5 t 以下にすることが妥当と考えられる。

したがって、タンデム車でたわみ測定試験を行なう場

## 5. あとがき

本報文では、路床面等の品質管理試験に適用するタンデム車によるベンケルマンビーム試験法に関する事項に焦点をしぼって検討した。しかし、たわみ測定試験はこの他、維持管理段階における舗装の構造的健全度の評価手法として使用される場合も多い。今後は、こうした使用を前提としたときの測定試験の勉強もしていきたいと考えている。

なお、本文の主要な部分は(財)高速道路調査会「舗装に関する調査試験方法の検討報告書」を引用させていただいた。最後にこの報告書をとりまとめさせていただいた松野委員長(佐藤道路)はじめ委員・幹事のみなさんおよび日本道路公団の試験所ならびに各建設局試験課のみなさんに感謝の意を表します。

## <参考文献>

- 南雲貞夫: ベンケルマンビームたわみ量試験方法の問題点、土木技術資料 1971.6
- デービット W ボッター: ダイナフレクト動的たわみ測定装置の実用性、道路建設、1978.5

- 3) 高速道路調査会：路面たわみ測定機(ロードレータ)による実測結果、舗装、1974.8
- 4) 佐藤勝久：ダイナフレクトによる空港アスファルト舗装強度評価とかさ上げ厚設計、土木学会論文報告集、1980.11
- 5) T.F. マクホマン：試験車「サンパー」による舗装たわみの解明(抄訳)、高速道路と自動車、1979.12
- 6) 笠原 篤：舗装構造解析へのフォーリング・ウェイト・デフレクトメータの利用、土木学会第39回年次学術講演会講演概要集第5部、1984.10
- 7) HE RBERT 他(間山正一訳)：アスファルト舗装内の温度分布とその舗装のたわみとの関係、道路建設、1970.10
- 8) 栄木 博：アスファルト舗装のたわみ測定における温度および荷重補正、舗装、1982.9
- 9) 水康 進 他：軟弱路床上の試験舗装、土木技術資料、1975.10
- 10) 佐藤祥一 他：タンデムトラックによるたわみ量試験に関する考察、道路建設、1984.8
- 11) 内田喜太郎 他：タンデムトラックによるたわみ量試験について、第15回日本道路会議、1983.10
- 12) 上島 勉：シングル車とタンデム車によるたわみ量試験の比較、舗装、1984.9

## 日本アスファルト協会試験方法 JAA-001-1978. 石油アスファルト絶対粘度試験方法 *Testing Method for Absolute Viscosity of Asphalt*

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

# ホイールトラッキング試験方法

野上幸治\*・小島逸平\*\*

## はじめに

ホイールトラッキング試験（以下WT試験）は、アスファルト混合物（以下アスコン）の塑性変形に対する抵抗性を室内で評価するための試験であり、その原型はTRRL（Transport and Road Research Laboratory）（英国）によって開発された<sup>1)</sup>。わが国では、昭和45年に菅原らの研究に端を発し<sup>2)</sup>、昭和49年に建設省土木研究所の幕張試験舗装の解析<sup>3)</sup>においてこの試験が大規模に実施され、路面のわだち掘れ量とアスコンの動的安定度（Dynamic Stability）（DS）の間に有意な相関関係が得られたのを契機に注目されるようになった。その後、アスファルト舗装要綱（以下要綱）の改訂（昭和53年）において、本試験が採用されてから広く普及するようになり、現在では全国で約100セット程度の試験機が実用に供している<sup>4)</sup>。

しかし、WT試験の普及に伴って、いくつかの問題点が指摘されるようになってきている。この中には、DSの目標値や試験精度あるいは適用の限界等の問題点が含まれており、中でも試験のバラツキについては早急な改善が望まれるところである。このようなことから、ここではWT試験の精度向上について探り、現状で改善できる試験方法（案）のとりまとめを行なうこととした。

検討作業は、昭和58年度は、(1)DSに関する検討、(2)試験のメカニズムの検討、(3)試験機の検討、昭和59年度は試験方法の問題点への対応の検討を行なった。以下にこれらの概要を紹介する。

## 1. 試験機の実態と問題点

調査は先ずWT試験機の実態および試験実施方法について、民間会社（舗装会社、アスファルトメーカーを含む）および大学関係を対象にアンケート調査を依頼し（民間会社25社、大学関係5大学）、試験機48セットの運用の実態と問題点の整理を行なった。この結果、現行試験方法に対する問題点として種々の意見を収集することが出

来た。これらの意見を項目別にとりまとめると表-1のようになる。

これより、WT試験機は機能面で同一であっても構造面で大幅に異った機械が出回っている状況にあることがわかる。また詳細に調べると、供試体の養生温度、試験輪のゴム硬度、荷重と接地圧の違い、さらには、供試体の作製方法等が測定結果に可成り影響を与えてることが明らかになった。

## 2. 問題点への対応

前述のように、WT試験に対して数々の問題点が指摘されたので、これらのうち特に試験結果の精度に係わるものを取りあげて検討を加えることにした。

試験値のバラツキの一例として、建設省土木研究所（以下土木研究所）では、同時に同じ場所で同一条件で作製した供試体を10機関で試験を行なった。この結果、DSは密粒度アスコン<sup>13)</sup>を例にとると、 $\bar{x} = 1450$ （回/mm）、 $\sigma = 720$ （回/mm）、変動係数=50%となり、試験機間が異なると試験値に可成り差があることを報告している。バラツキが大きく現われた理由は、仕様が異なる試験機を用いた全体の影響によるもので、具体的にどの要因が試験値に影響を及ぼしているかの検討はなされていない。しかし、要綱の規定に従って試験を行なっても試験機によって結果が異なることは大いに予想されるところである。そこで、試験の精度を高めるための検討は、(1)試験機、(2)供試体作製方法、(3)試験条件等、個々の項目別に行なうこととした。

### 2-1 試験機

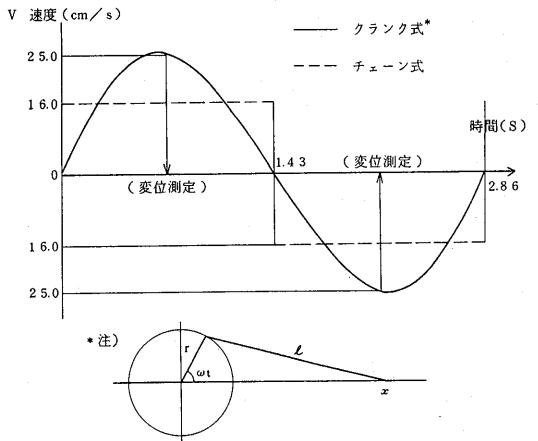
#### (1) 走行方法

現在のWT試験機には、クランクによって車輪を走行させるクランク式と、チェーンによって車輪を走行させるチェーン式がある。チェーン式ではモータが常に定速で回転するため走行速度は一定である。これに対しクランク式は、クランクピンが円盤のほぼ頂部を通過すると

\* のがみ こうじ 日本道路公団技術部道路技術課 \*\* こじま いっかい 熊谷道路技術研究所

表-1 ホイールトラッキング試験の問題点

記号	項目	アスファルト舗装要綱規定	問題点	件数	実態
(1)	試験機 1) 走行方式	試験機の型式：記載なし 記載なし	走行輪が供試体全面を定速で走行するもの（チェーン方式）と走行中に速度が変わるもの（クラシック式）があるが走行方式の違いにより試験値に及ぼす影響はないか。	4	クラシック式（54%） チェーン式（40%）
	2) 載荷方式	接地圧の調整ができる荷重板を備えたもの	直接載荷（垂直式）方式、空気圧による載荷方式及びこれがあるが載荷方式の違いにより試験値に及ぼす影響はないか。	4	垂直式（80%） 空気式（20%）
	3) 測定機構	測定位置：記載なし  測定装置：記載なし	流動変形量の測定位置を、中央部及び最低部で測定する場合の2種類があり、さらに、時間変形量曲線が直線型にならざる曲線（上凸型、変曲型）になる。したがって測定方法を明記する必要はないか。 差動トランジットとダイヤルゲージの2種類があるので、測定装置の精度によって試験値に及ぼす影響はないか。	4 3 3	
(2)	供試体の作製方法 1) 転圧方法	転圧機械：現場で締固める機構に近い締固め装置でマーシャル試験用供試体とはほぼ同一密度で締固めできるもの。	現在一般に使用されている締固め装置の主なものは次の3つである ローラコンパクタ 振動ローラ ハンドローラ 締固め装置による試験値の差はないか。	5	ローラコンパクタ（85%） 振動ローラ（11%） ドラバース有り（60%）
		転圧回数：締固め密度 $100 \pm 1\%$ の締固め度になる回数	締固め度 $100 \pm 1\%$ では、99%と101%での差になり、試験値に及ぼす影響はないか。	4	
	線圧：記載なし	線圧：記載なし	線圧の違いにより試験値に及ぼす影響はないか。	2	
	2) トラバース走行の有無	所定の締固め度を得るためのトラバース走行の併用可。	トラバース走行の有無による数値の差が相当大きい。	2	
	3) 供試体寸法	供試体の大きさ $300 \times 300 \times 50 \text{ mm}$	$400 \times 400 \times 50 \text{ mm}$ および $600 \times 600 \times 50 \text{ mm}$ の大きさのものもある。	1	
(3)	4) 混合物の混合方法	記載なし	1パッチ当たりの供試体作製の数量規定は必要ないか。	7	
	試験条件 1) 荷重と接地圧	接地圧 一般 $5.5 \pm 0.15 \text{ kg/cm}^2$ ( $0.54 \pm 0.01 \text{ MPa}$ ) 重交通 $6.4 \pm 0.15 \text{ kg/cm}^2$ ( $0.63 \pm 0.01 \text{ MPa}$ )	同一接地圧でも荷重に差が生じるので、荷重の差による影響はないか。 (接地面積は、載荷時間によって変化するので接地圧を統一 ( $5.5$ ( $0.54$ ), $6.4$ ( $0.63$ ), $11.5 \text{ kg/cm}^2$ ( $1.13 \text{ MPa}$ )) する必要はないか。	5 5 1	$5.5 \text{ kg/cm}^2$ を得る荷重 $45 \text{ kg}$ ( $441 \text{ N}$ ) $\sim 70 \text{ kg}$ ( $687 \text{ N}$ ) $\bar{x} = 55.3 \text{ kg}, \sigma = 5.4$
		測定方法 スタンプ方式 $90^\circ$ 4点荷重の規定なし		1	$6.4 \text{ kg/cm}^2$ を得る荷重 $55 \text{ kg}$ ( $540 \text{ N}$ ) $\sim 90 \text{ kg}$ ( $883 \text{ N}$ ) $\bar{x} = 70.0 \text{ kg}, \sigma = 6.3 \text{ kg}$
	2) 試験輪	ゴム硬度：JIS硬度78 (走行輪直径 $20 \text{ cm}$ , 幅 $5 \text{ cm}$ , ゴム厚 $1.5 \text{ cm}$ のソリッドタイヤ) とする。	タイヤ硬度は常温で同一硬度でも試験温度で異なる可能性がある。したがって使用タイヤの規格を同一温度の場合、同一ゴム硬度になるよう材質を規定すべきではないか。 タイヤの交換基準の設定が必要。 ゴム硬度測定方法の規定がない。	1 1 3	60°Cでの硬度測定 (60%) $\bar{x} = 77.0 \text{ kg}, \sigma = 2.9 \text{ kg}$
	3) 温度	供試体の温度：一般的には、 $60 \pm 1^\circ \text{C}$ , 積雪地域の耐摩耗用混合物には $45 \pm 1^\circ \text{C}$	$\pm 1^\circ \text{C}$ の温度変化が試験値に及ぼす影響はないか。	1	常温での硬度測定 (40%) $\bar{x} = 80.0 \text{ kg}, \sigma = 2.8 \text{ kg}$
	4) 養生	供試体の養生：試験開始約4時間前に恒温室で養生（供試体の中心まで所定の温度となるよう予め確認する） 恒温室 許容温度範囲 $\pm 2^\circ \text{C}$ 供試体温度 " $\pm 1^\circ \text{C}$	一般的な恒温室として使用している乾燥炉では、位置によってバラツキがある。また試験機収納恒温室内でも相当バラツキがある。したがって養生時間を規定する必要はないか。	3	
	5) 走行速度	供試体作製後室温にて12時間放置養生する。		1	
(4)	6) 走行距離	試験輪は、供試体中央部を $42 \pm 1 \text{ 回/分}$ で水平前後運動できるもの	クラシック式及びチェーン式の違いによる走行速度差が試験値に及ぼす影響はないか。	1	
	7) 走行方向	車輪走行距離：9インチ（約 $23 \text{ cm}$ ） 記載なし	走行時における供試体の方向は、作製時の転圧方向と同一方向としなくてよいか。 往復走行ではなく、一向方向走行にする必要はないか。	1	
	その他の 1) データ整理方法		改質アスファルトなど動的安定度 DS が非常に大きい時の評価をどのようにするか。 厚さ $5 \text{ cm}$ 以外の時の評価方法はどうするか。	3	
	2) 試験個数	少なくとも2個	試験値にバラツキがあるため、試験個数は2個で良いか。	1	



$$V = \frac{dx}{dt} = -r\omega \sin \omega t - \frac{2r^2 \omega \sin \omega t \cos \omega t}{\sqrt{\ell^2 - r^2 \sin^2 \omega t}}$$

図は、 $r = 11.4 \text{ cm}$ ,  $\ell = 100 \text{ cm}$ ,  $\omega = \frac{42\pi}{60} (1/\text{s})$ としたもの。

図-1 ホイールラッキング試験中の車輪の走行速度の変化(走行距離 22.8 cm)

きに速さが最大になり、円盤の左右を通過するときに速さが0になる(図-1参照)。このように、走行速度に違いがあると、遅い部分では累積載荷時間が大きく、速い部分では小さくなるので、走行方式の違いによってDSに差が出ることが考えられる。

姫野<sup>6)</sup>は、クランク式のWT試験機を用いて車輪の通過する位置によって載荷時間が変動することを定量化し(図-2参照)、沈下量の分布が位置によって異なることを示している(図-3参照)。類似した検討は、日本道路公団試験所や、萩原<sup>7)</sup>らも指摘している。このようなことから、車輪が一定速度で走行するチェーン式と端部で低速になり、中央部の累積載荷時間が減少するクランク式では、沈下量に違いが生じるので、試験結果を単純に比較できないと言えよう。したがって、試験機を統一するとすれば、クランク式では速度の統一を図るため、円盤の半径やクランクのアームの長さを統一する必要がある。また、チェーン式では、試験結果の換算について検討する必要がある。

## (2) 載荷方法

車輪への載荷方式には、垂重式、てこ式、空気圧式の3種類があるが、これらのうち、垂重式とてこ式は、試験中に荷重が変化することはない。一方、空気圧式も、車輪の位置を変えて荷重を測定した結果表-2の関係が得られ、荷重の大きさは車輪の位置によって変化は無く、

問題はないといえる。この意味から載荷方法はいずれの方式でもよいものとした。

## (3) 測定機構

流動変動量の測定位置は、機種によって供試体の中央部分で測定するものと、最大の沈下を示す部分で測定するものがある。さらに、供試体の変形量は、供試体位置によって異なるので<sup>4)</sup>、測定位置を定める必要がある。試験機の普及や信頼性の向上を考えると、変形量の測定位は供試体中央とし、機構を単純化した方が良いと思われる所以、この方法を試験方法案にとり入れた。

## 2-2 供試体作製方法

### (1) 締固め方法

供試体の性状を均一にするためには、締固め装置として、ローラコンパクタを使用することが望ましい。この場合線圧は、土木研究所の調査では 800 ~ 1,000 kg (785 N ~ 981 N) の荷重範囲で使用されていると報告している<sup>5)</sup>ので、これを参考にすると、荷重は 900 kg (823 N)、線圧は 30 kg/cm (294 N/cm) が適切と考え

車輪の通過する位置(cm)

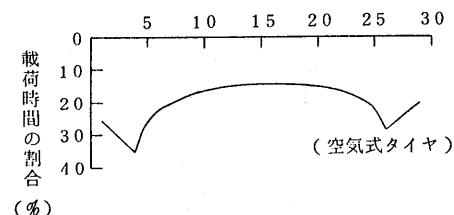


図-2 クランク式WTの載荷時間分布

車輪の通過する位置(cm)

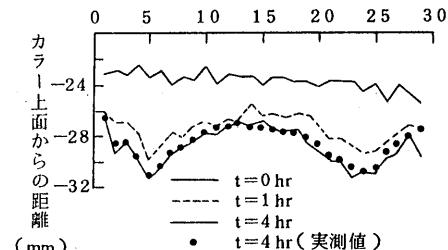


図-3 クランク式WTの沈下量分布

表-2 荷重測定結果

測定位置 型 式	kg (= 9.81 N)		
	供試体の左端	中 央	右 端
クランク式	6.1	6.0	6.0
チエーン式	6.0	6.1	6.0

られる。

一方転圧回数は、アスコンの骨材粒度やバインダーの性状によって締固め効果が異なるので、経験的に決めるか、転圧回数を変えた供試体を作製し、キャリブレーションカーブから実験的に決める必要がある。

供試体の締固め度の違いによってDSに差が生じる例として図-4のような結果がある。これより、DSは供試体の密度に応じて補正することが望ましいが、密度とDSの関係は混合物によって異なるので、補正係数を得るために試験個数を可成り増やす必要があり繁雑になる。したがって、実用上は密度の管理範囲を現行より厳しくすることが有効である。土木研究所の調査結果では、

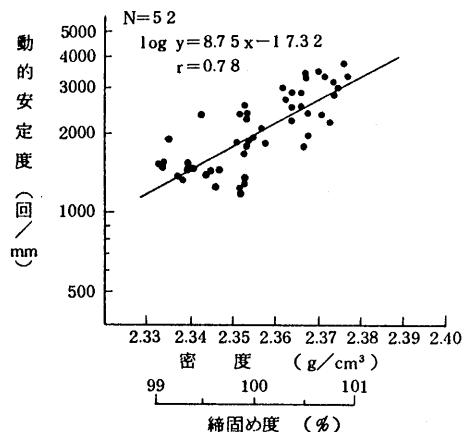


図-4 密度と動的安定度の関係

機関によって供試体作製方法の細部で様々な違いがあるので、これらを合わせた標準的な供試体作製方法(案)を示している<sup>5)</sup>ので参考にするとよい。(表-3 参照)

#### (2) トラバース走行の有無

トラバース走行の有無によって供試体の密度は増加し、DSの値が変わる。これは、多くの研究者が指摘するよう<sup>9) 10) 11)</sup>、トラバース走行によって密度だけでなく骨材の配向状態も変化することが影響すると思われる。土木研究所の試験結果(表-4 参照)によると<sup>5)</sup>、密度が概ね同じであっても、トラバース走行の有無によってDSに差が生じることがわかる。したがって、バラツキを小さくするためには、トラバース走行を使用しない供試体の作製方法が望ましいので、この方法を試験方法案にとり入れた。

#### (3) 供試体の寸法

供試体の寸法は、 $300 \times 300 \times 50$  (mm) のものの実績が多く、これ以外の寸法(例えば $400 \times 400 \times 50$  (mm) 等)のものは、走行回数を前記のものと同一にすると走行速度が大きくなり、それに応じてDSも小さくなるので、実績の多いものに統一することとした。

#### (4) アスコンの作製

供試体用のアスコンは、ミキサーで製造するが、1パッチあたりの混合量はミキサーの混合能力によって、1パッチ1枚分とする機関と、2枚分を1度に混合する機関がある。アスコンの均一性の観点からは後者の方が望ましいように思われるが、供試体を1枚作製するには少なく

表-3 供試体の標準的な作製方法(案)

項目	方 法
型枠の予熱	混合または締固め温度(電気乾燥機)
型枠への材料の付着防止処理	予熱前にグリス、中性洗剤、石粉などを塗る
ミキサーの保温	電気式オイルヒーター
アスファルトの計量	アスファルトの投入前後で、容器の重量を計って確認する
ドライミキシング(秒)	20~30
ウェットミキシング(秒)	120
敷 均 し	1層敷均し
締固め時のハンドタンパ等使用	転圧前に全面に軽くかける
使用するアスコンの量	混合したもの全量(1パッチ1枚作製)
転圧面への付着防止処理	必要なら紙をはさむ
転圧面の予熱	温度調節付電熱ヒーター
型枠と転圧面の間にはさまたったアスコンの処理	鉄棒等で除去しながら転圧
締固後の整形転圧	行わない
トラバース走行	行わない

とも10分程度を要するので、その間にアスコンの温度が低下することが懸念される。従って、アスコンの製造量は、1バッチ当たり1枚分とすることを原則とした。

### 2-3 試験条件

#### (1) 荷重と接地圧

要綱の試験法の規定では、供試体に加わる外力は、試験輪のゴム硬度と車輪の接地圧を規定しているが、上載荷重の大きさには触れていない。このため、試験機によつて荷重の大きさに差がある。しかし、アンケート調査結果によれば、接地圧を一定にした場合のソリッドタイヤのゴム硬度と輪荷重の間にはほとんど相関が認められていない(図-5参照)<sup>5)</sup>。この原因は、ゴムの材質が

一定でないこと、接地面積の測定方法が各機関によって異なることなどが考えられる。特に要綱でもゴム硬度78という規定を設けているが、試験温度がまちまちであり、常温で測定する機関と60°Cで測定する機関が約4:6の割合で存在しており<sup>4)</sup>、ゴム硬度の温度変化による違いが荷重の違いをもたらしていると考えられる。

図-6は土木研究所の調査結果であるが、同一の試験機関で作製された同一配合の供試体で試験を行つてゐるにもかかわらず、荷重が大きい程DSが小さくなっていることが判る。これらのことから、載荷力の規定は、現行の接地圧の規定を総荷重規定に改めることが望ましい。

荷重の大きさは、建設省関係の試験機関の平均値では

表-4 ト ラ バ ース の 影 韶

地 建	密 度			締 固 め 度			D S (回/mm)
	ト ラ バ ース 前	ト ラ バ ース 後	変 化 率 %	ト ラ バ ース 前	ト ラ バ ース 後	変 化 率 %	
近 織 20分	23.14			98.1			73.2
	2.313	2.376	1.00	98.1	99.0	0.92	1.123
	2.361			100.1			1.057
	2.363	2.376	0.60	100.2	100.7	0.50	1.483
中 国 60分	2.279			97.7			63.3
	2.288	2.345	2.49	98.1	100.6	2.55	74.0
	2.348			100.7			87.0
	2.349	2.369	0.85	100.7	101.6	0.89	94.2
四 国 24分	2.274			97.8			42.5
	-	2.333	2.59	-	100.3	2.56	98.5
	2.300			98.9			75.0
	-	2.344	1.91	-	100.8	1.92	15.12
九 州 38.1分 14.3分	2.458			96.9			12.32
	2.451	2.536	3.47	96.6	100.0	3.52	38.10
	2.549			100.5			24.01
	2.529	2.555	1.03	99.7	100.7	1.00	32.30

基準密度(g/cm<sup>3</sup>) 近 織 2.359 四 国 23.26  
中 国 2.332 九 州 2.536

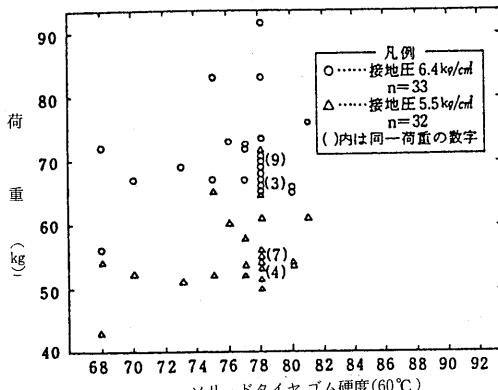


図-5 ゴム硬度(60°C時)と荷重の関係

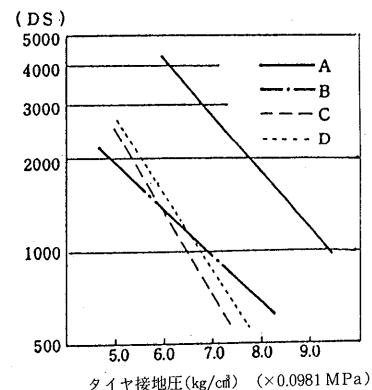


図-6 接地圧とDSの関係

65kg (637 N) となっている(図-7参照)<sup>5)</sup>。一方、日本道路公団試験所が実施した調査では、 $\bar{x} = 70\text{ kg}$  (716 N) となっている。さらに、前述のアンケート調査の結果では、 $\bar{x} = 70\text{ kg}$  (686 N) となっている<sup>4)</sup>。以上の調査結果から、平均的な値として70kg (686 N) が適切であり、この値であれば従来の接地圧6.4 kg/cm<sup>2</sup> (0.63 MPa) は期待できる。さらに、この場合の管理幅は±1 kg (±9.81 N) とする。また、ゴムの硬度が異なると混合物のニーデンギング効果に差を生じるため、常温と60°Cの2段階でゴム硬度を規定し、ゴム質も耐熱性ゴムとすることを提案した。

#### (2) 試験輪

図-8に試験温度とゴム硬度の関係を示した<sup>5)</sup>。これによれば、ゴム硬度の温度による変化はタイヤによって差はあるが、20°Cと60°Cでは6程度の差が現われている。したがって、60°Cにおけるゴム硬度を78±2と規定した場合、60°Cにおける硬度は84±4程度になる。

タイヤの交換基準は明記できるような資料はないが、ゴムが劣化すればゴム硬度が大きくなることが考えられるので、ゴム硬度のチェックを定期的に行なうこととし、ゴム硬度と表面の破損状況を調べて交換することとした。

#### (3) 試験温度

試験温度の規定は、わが国の気象条件を考慮して、特別な場合を除いて60±1°Cにしている。

試験温度がDSに及ぼす影響の調査の1例が図-9である。これによれば、接地圧が大きいほど温度変化がDSに与える影響が大きい傾向にあり、接地圧6 kg/cm<sup>2</sup>

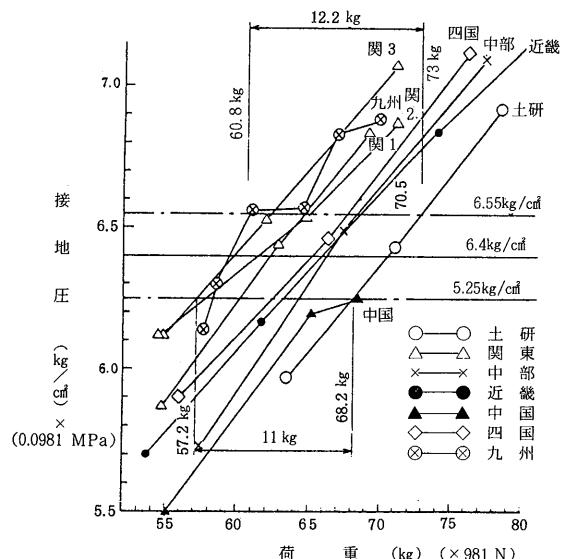


図-7 試験機の荷重と接地圧

(0.59 MPa)で温度60°Cの場合は、±1°Cの温度変化によってDSは約15%程度変動することが読みとれる。

飯島<sup>13)</sup>らは、温度と接地圧を変えてWT試験を行ない、要綱の規定の範囲内で管理した場合でも30%近い差が生じることを示している(表-5参照)。また、試験温度、試験輪の接地圧やゴム硬度あるいは、タイヤ走行速度等を因子とした試験を行ない、各因子のDSに及ぼす影響を調査した。

この結果、温度の寄与率が約70%，接地圧のそれが約7%あり、他の要因に比較して温度の管理が非常に重要なことを指摘している。(図-10参照)<sup>8)</sup>

このようなことから、温度管理の規定は現状より厳しくする必要があることから、60±0.5°Cで管理する方法を提案した。

#### (4) 養生

図-11に土木研究所で行なった供試体養生実験の結果を示す<sup>8)</sup>。この実験は、室温の供試体を60°Cにセットした恒温室で養生するケースであり、ほぼ5時間で供試体の中心部が60°Cに達する様子がわかる。一方、日本道路

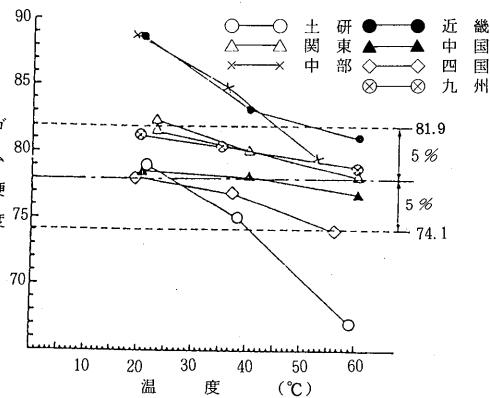


図-8 試験輪表面温度とゴム硬度

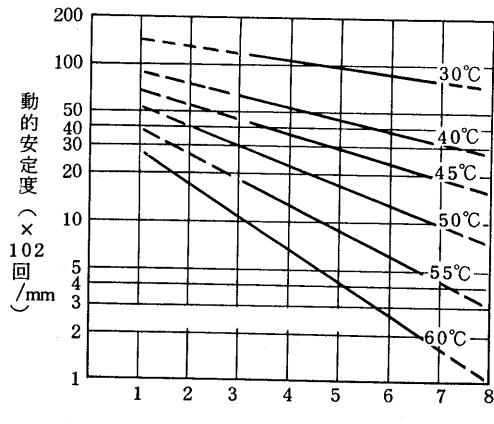


図-9 DSの温度変化

表-5 動的安定度の推定値

温度 °C 接地圧 kg/cm <sup>2</sup>	5.9	6.0	6.1
6.25	1,101 +27.4	935 +8.2	794 -8.1
6.40	1,018 +17.8	864 0	734 -15.0
6.55	940 +8.8	799 -7.5	678 -21.5

上段 動的安定度(回/mm)  
下段 標準条件に対する増減(%)

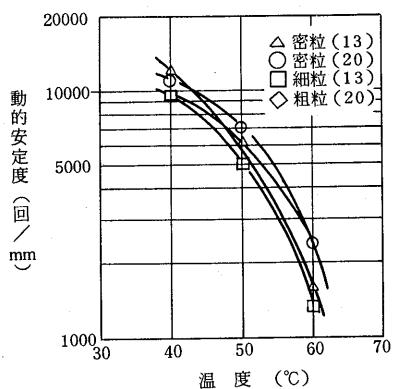


図-10 温度と動的安定度の関係

公團試験所の試験によれば、室温から養生槽と一緒に温度を上げる場合は、約12時間をする結果を報告している<sup>4)</sup>。以上のことから、養生時間の規定方法は、供試体をあらかじめ試験温度に保った恒温槽で5時間以上養生することとし、養生後に供試体中心部が試験温度に達しない時はさらに時間を延長することとした。

供試体作製後の養生時間については、供試体作製後に

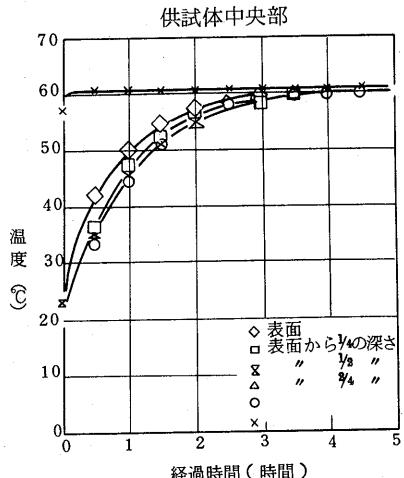


図-11 供試体の温度変化

12時間以上の室温養生はマーシャル安定度試験で適用されてきている実績から、WT試験でも同様の規定にすることとした。

#### (5) 走行距離

走行距離の規定は、供試体の寸法の項で述べたように、載荷時間は走行距離に反比例し、走行距離が長くなるに従ってDSが増加するので、一般的には現行どおり23±1cmで統一することとした。

#### (6) 走行速度

走行速度は、アンケート調査結果からも42±1回/分の規定が満足されており、変更を要する問題点もないで、現行のままとした。

#### (7) 走行方向

供試体の転圧方向と試験輪の走行方向を一致させるか否かによるDSの差について検討した報告は得られていない。しかし、一般の道路ではローラの転圧方向と車両の走行方向はおおむね一致していることから、締固め方向と走行方向は一致させることにした。

### 2-4 その他

#### (1) データの整理方法

WT試験の結果得られる時間～変形量曲線は、混合物の種類によって図-12に示すようなタイプがある。

一般には、直線型の勾配からDSを求め、直線部分の延長から $d_0$ (圧密変形量)を求めているが、上凸型や変曲型はそれぞれ圧密変形なり急激な変形の途中過程であるため、これら2つのタイプでは、一様な流動変形に対する変形抵抗性は求められないが、一つのルールとして直線型の場合と同様に計算することとした。しかし、 $d_0$ を求める作図では、変曲型に限っては、端極な値にならない範囲として、勾配が一番ゆるやかな直線部分を延長して求める方法を提案した。

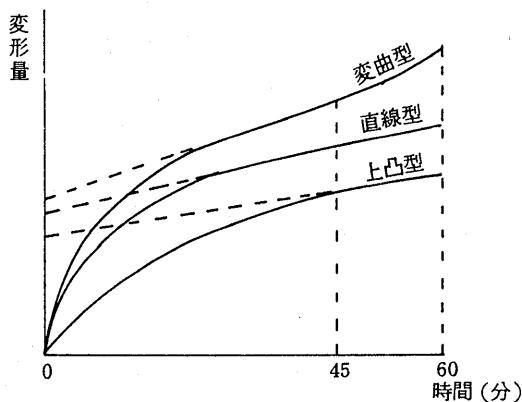


図-12 時間～変形量曲線

## (2) 試験個々

D S の報告には、変動係数が20%を超えない数個のデータの平均値を用いることとしている。いくつかの供試体のWT試験から母平均を推定する場合、その精度は試験個数の平方根に比例するので、個数が多いほど向上するが、実用上の限界がある。一方、アンケート調査の結果、試験個数は3個以上実施している機関が多いこと、個数が2個の場合バラツキの判定が困難になる等の理由から、3個以上の供試体について試験を実施することが望ましいとした。

### 3. まとめ

ホイールトラッキング試験にかかる様々な問題点の中でも、試験値のバラツキに着目し、試験精度を高めるための対策の検討を行なった結果、現状で合意できる技術的事項を中心に、ホイールトラッキング試験方法を提案することができた。このうちの主なものを挙げると次のようになる。

- (1) WT試験によるD Sは、試験温度によって極端に変化するので、バラツキを小さくするためには、恒温室や養生室の温度管理を厳密に行なう必要が明らかになった。このため、現行の $60 \pm 1^\circ\text{C}$ を $60 \pm 0.5^\circ\text{C}$ の管理巾にした。
- (2) 試験輪のゴム硬度は、温度に応じて変化するので、所定の接地圧を得るために、上載荷重に差が生じてD Sのバラツキに影響を与えている。このようなことから、ゴム硬度の規定を、常温で $84 \pm 4$ 、 $60^\circ\text{C}$ で $78 \pm 2$

とし、定期的に硬度をチェックするようにした。

- (3) 接地圧規定を荷重規定に改め、 $6.4 \text{ kg/cm}^2$  ( $0.628 \text{ MPa}$ )を保証できる荷重として $70 \pm 1 \text{ kg}$  ( $687 \pm 9.8 \text{ N}$ )に調整することにした。
- (4) 供試体の作製方法の違いによってD Sのバラツキが認められるので、型枠の寸法の統一( $300 \times 300 \times 50$ )、ローラコンパクタ(線圧 $30 \text{ kg/cm}$  ( $290 \text{ N/cm}$ ))、締固め度(基準密度の $100 \pm 1\%$ )、供試体1枚当たりの計量(基準密度×型枠容積×1.03)、養生(型枠に入れたらまま室温で12時間以上)等の作製条件を明記し、標準的作業方法(案)を示した。

- (5) D Sの大きいものについては、記録計の精度から差が出るので、平均値が $6,000 \text{ 回/mm}$ を超えるものは、 $6,000$ 以上とすることとした。この場合の平均値は、変動係数が20%を超えない3つの平均をとることとした。

ホイールトラッキング試験方法の詳細はKODAN230「ホイールトラッキング試験法」として、日本道路公団試験方法(昭和60年10月)に示されているので参考にされたい。

おわりに、本調査のとりまとめにあたって、建設省土木研究所、日本道路公団から貴重な資料の提供をいたいたしたこと、ならびに、東京工業大学工学部土木工学科助手、姫野賢治氏、建設省土木研究所道路部舗装研究室研究員、池田拓哉氏、日本道路公団試験所舗装試験室主任、酒井脩氏、同舗装試験室、上島勉氏がそのとりまとめに当たったことを記して感謝申し上げます。

### <参考文献>

- 1) RRL : The Wheel-Tracking Test LF50 Issue 2, 1971年2月
- 2) 菅原照雄ほか：アスファルト合材の Ruttingに関する研究、土木学会年次学術講演会、1970年3月
- 3) 建設省土木研究所：アスファルト混合物の配合設計、材料に関する幕張試験舗装及び室内実験、土木研究所資料第923号、1974年3月
- 4) 高速道路調査会：舗装に関する調査試験方法の検討報告書、1984年3月、1985年2月
- 5) 建設省土木研究所：ホイールトラッキング共通試験結果の解析、土木研究所資料、第2124号、1984年7月
- 6) 姫野賢治ほか：アスファルト混合物の流動特性について、第15回日本道路会議、1983年9月
- 7) 萩原 享ほか：アスファルト混合物の変形における載荷時間の取扱いについて、第15回日本道路会議、1983年9月
- 8) 小島逸平ほか：ホイールトラッキング試験法の改善に関する提案、土木技術資料、vol 26, No.4, 1984年
- 9) 笠原 篤ほか：アスファルト舗装におけるニーデング作用に関する研究、第13回日本道路会議、1979年9月
- 10) 根来日出晴ほか：アスファルト混合物の変形抵抗に関する一研究、第14回日本道路会議、1981年9月
- 11) 新田 登ほか：転勤荷重下におけるアスファルト混合物の変形特性、土木学会論文報告集、1983年1月
- 12) 三瀬 貞ほか：水浸ホイールトラッキング試験によるアスファルト混合物のはく離、舗装、1981年7月
- 13) 飯島 尚ほか：動的安定度の精度向上に関する検討、第15回日本道路会議、1983年9月

# わだち掘れ測定

野上幸治\*・高橋哲躬\*\*

## 1. まえがき

わだち掘れの定量化は、路面の管理や舗装の維持修繕工事の実施にあたって極めて重要なものの1つであると言える。日本道路公団では、10年前から高速測定車によるわだち掘れの測定を行ない、主に路面の管理に使用してきたが、その測定結果の利用や測定サイクルなどの点で若干の問題が提起されている。

このため、日本道路公団では、(財)高速道路調査会に「舗装に関する調査試験方法の検討委員会」を設け、わだち掘れの測定およびその他の調査試験に関して昭和58年度から2ヶ年にわたってその研究を行なった<sup>1)</sup>。

本文は、前記委員会において行なわれたわだち掘れ測定に関する検討結果の概要を紹介したものである。

## 2. わだち掘れ測定方法

### 2-1 直線定規もしくは水糸による方法

3.6m直線定規もしくは水糸によるわだち掘れ測定方法は、対象とする路面の両端の基準点に直線定規又は水糸を通常10cm上がりで設置し、横断方向20cm間隔でスケールによりミリメートル単位で測定する。

高速道路における測定例を図-1に示すが、走行車線では路肩レーンマークの内側、追越車線においては中央分離帯側のレーンマークの内側を基準として直線定規又は水糸を設置し、これから下がりを20cm間隔で測定

### 2-2 横断プロフィルメータによる方法

横断プロフィルメータは図-2に示すように、路面を走行する車輪を装着した記録器がビーム上を移動して、路面の横断形状を記録するもので、記録紙上の形状からわだち掘れ深さを算出するものである。

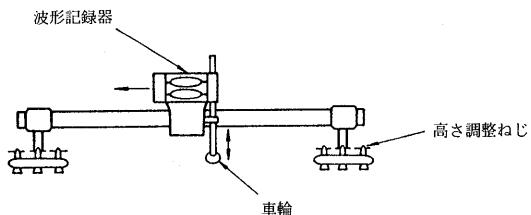


図-2 横断プロフィルメータ

測定方法は、横断プロフィルメータを対象とする位置にセットし、ビームが水平になるように水準器を見ながら高さ調整ネジ又はハンドルで調整した後、車輪を路面に接地させ記録器を移動させる。記録された路面形状は通常高さ方向が実測大、横断方向が1/10である。

### 2-3 わだち掘れ測定車による方法

昭和59年度に建設技術評価制度の開発課題のひとつに「路面性状自動測定装置の開発」が採り上げられ、いくつかの装置が開発された<sup>2)</sup>。その中でわだち掘れの測定に関しては、光切断法の原理を応用しているものが多く、またデータの記録媒体も固体素子カメラビデオ収録、固体素子カメラ、磁気テープ記録などにより省力化およびデータ処理の高速化が図られるなどエレクトロニクス技術の多様な活用が図られている。

ここではその中のひとつとして、従来から使用されているわだち掘れ測定車について簡単に記す。

この測定装置は車輪に搭載された撮影装置および条線投影器からなるもので、基準点を対象に通常100m間隔で夜間に撮影調査するものである。

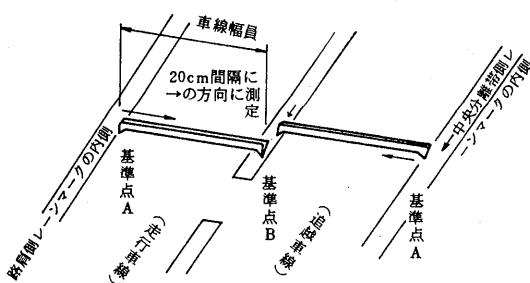


図-1 高速道路における測定例

\* のがみ こうじ 日本道路公団技術部道路技術課 \*\* たかはし てつみ 大林道路技術部技術課

測定車は50~60 km/hの速度で走行し、通常路肩に設置された距離標もしくは基準点を対象に20~100 m間隔で撮影するが、測定は最小5 m間隔まで行なうことができる。

写真撮影結果の判読は電算処理が可能であるが、高速道路におけるわだち掘れ算定の主な作業手順は次のとおりである。

- (1) 図-3に示すように、走行車線においては路肩側レーンマークの内側を、また追越車線においては中央分離帯側レーンマークの内側を基準点Aとする。これより矢印の方向に、写真上で車線幅員に分離された位置をBとし、これらを結ぶ線を基準線とする。
- (2) わだち掘れ形状の測定は、基準点Aより20 cm間隔で基準線からの高低差を読み取る。このときわだち掘れの凹部及び凸部の最大値を同様に読み取り、その差をもってわだち掘れとする。

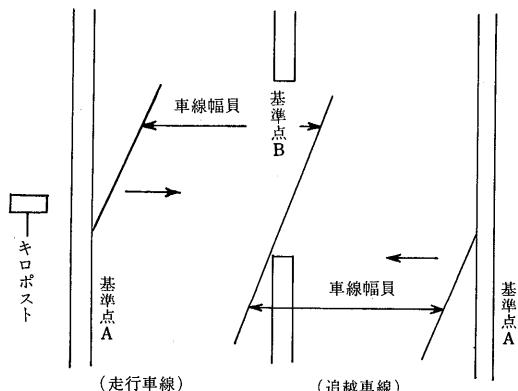


図-3 わだち掘れ測定車による算出方法

### 3. わだち掘れの算定方法および測定精度

#### 3-1 わだち掘れの算定方法

わだち掘れの算定方法は、各機関や調査目的などによって異なるが、いわゆる“ピーク法”と“平均法”に大別される。なお、どの測定方法を用いても、わだち掘れの算定は、これらのうちのどちらかで行なっているのが通常である。

ピーク法は主として高速道路で用いられているもので図-4(a)に示すように、車線幅員の両端の基準点を結ぶ直線を基準線とし、この線から車線幅員内の最高点と最低点までの垂直距離を求めて、その差をわだち掘れとする方法である。

これに対し平均法は主として一般国道等で用いられているもので、図-4(b)に示すように両端の基準点と最高

点を結んだ線から最低点までの鉛直距離を求めて、その差の内側又は外側のわだち掘れのいずれか大きい方をわだち掘れとする方法である。

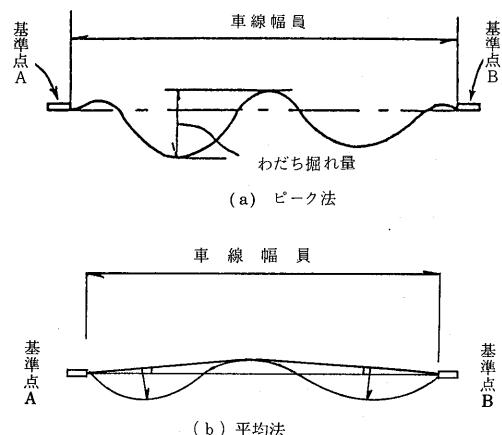


図-4 わだち掘れ量の算出方法

これらの方法によるわだち掘れの算定結果には図-5に示すように極めて高い相関が見られるが、ピーク法は平均法に比べ若干大きく表現されるようである。

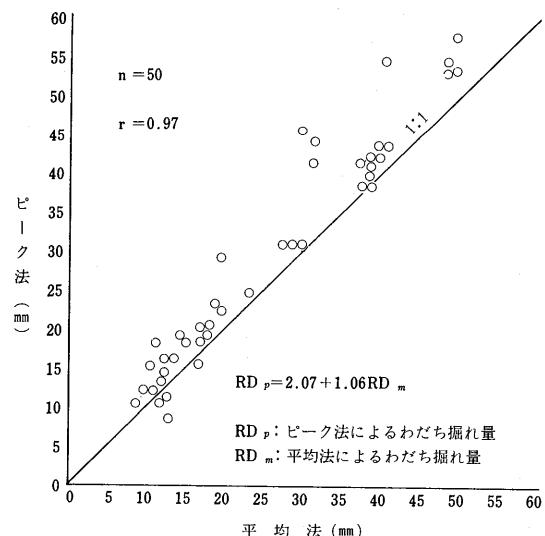


図-5 わだち掘れの算定方法の比較

#### 3-2 わだち掘れ測定車と横断プロフィルメータによる測定値の比較

ここでは、高速道路において測定実績の最も多い、写真によりわだち掘れの算出を行なうタイプのわだち掘れ測定車のみに関する検討を行なった。わだち掘れ測定車による走行測定値と横断プロフィルメータによる測定値

の残差を表-1に示す<sup>3)</sup>。これによると、残差の平均値は1.14 mmで、残差の標準偏差が1.56 mmである。これに対し測定車による静止測定値と横断プロフィルメータによる測定値の残差の平均値は0.76 mmである。

表-1 わだち掘れ測定車と横断プロフィルメータによる測定値の残差

測定場所	サンプル数	残差平均値	残差標準偏差
中央	30	1.20 mm	1.68 mm
東名	26	1.06	1.42
計	56	1.14	1.56

また、20m間隔で測定車と横断プロフィルメータによる測定結果によれば、わだち掘れ深さの残差の平均値は0.73 mmで標準偏差が1.72 mmであり、この時の測定車の測定位置のずれは平均27 cmであった。なお静止測定の場合のわだち掘れの残差は平均0.33 mmで、標準偏差が1.35 mmであった。

以上の結果から、わだち掘れ測定車と横断プロフィルメータを比較した場合には、測定車が走行している場合で2.5 mm程度、静止している場合で2 mm程度、わだち掘れに差が生じると言えよう。

### 3-3 測定値の再現性

わだち掘れ5 mmの箇所と15 mm程度の箇所で、横断プロフィルメータおよび水糸を使用して、1測点につき5回繰り返し、10測点のわだち掘れを求めたのが図-6である。この時、同一測点における測定はマーキングをせずに距離標からおおよその位置を見当づけて行なった。

これに対し、わだち掘れ測定車による測定は、横断プロフィルメータおよび水糸による測定箇所と異なるが、20測点を1測点につき5回繰り返し、走行測定しわだち掘れを求めたものである。これらは測定箇所は異なるが、ほぼ同じ条件で測定を行なっているので比較が可能であると考え、変動係数で比較したものである。

図-6によると各測点の変動係数の平均は、水糸が12.8%，横断プロフィルメータが3.9%，わだち掘れ測定車が9.0%であり、各測定方法の再現性は比較的良好と言えるが、水糸による方法は他の方法と比べ若干劣るように思われる。

### 4. 各測定方法の問題点と対策

#### 4-1 直線定規(水糸)あるいは横断プロフィルメータによる方法

直線定規や水糸、あるいは横断プロフィルメータによ

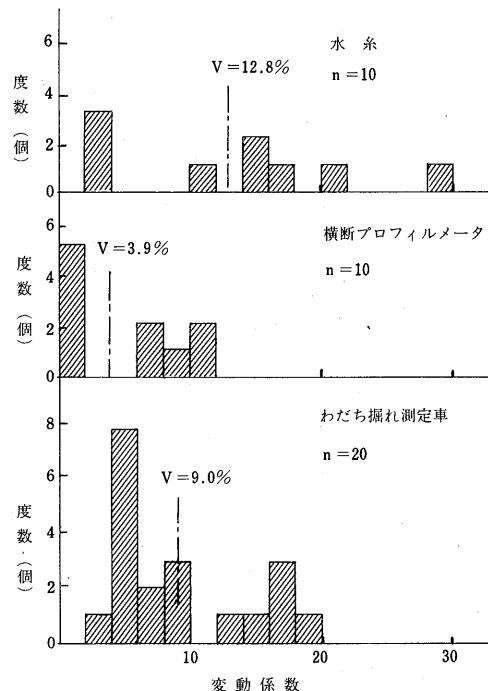


図-6 各測定方法別の再現性

る方法は、比較的小規模な調査の場合に一般に行なわれている方法で簡便であるが、次に示すような問題点があげられる。

- (1) 路上における人力測定となり、作業の安全性の問題や走行車両への影響などがある。
- (2) 大規模調査で測定点が多くなると、短時間での測定は困難である。
- (3) 交通規制が避けられず、測点を代表位置に限定しても必ずしも経済的ではない。
- (4) 人力測定は代表点での測定に限定されがちであるので、路面性状の把握あるいはわだち掘れの長期予測等を行なう場合好ましくない。

以上のように直線定規や水糸、あるいは横断プロフィルメータによる測定方法は、高速道路のような大規模調査には不向きであるが、小規模な箇所では交通規制さえ行なえれば簡便であり、経済的な方法であると言えよう。

#### 4-2 わだち掘れ測定車による方法

この方法は人力による測定方法に比べ、連続的に大規模な調査が可能であるが、次のような問題点がある。

- (1) 測定規模が小さい場合は不経済となる。
- (2) 高速で測定するため、測定位置の固定が困難である。前項の検討では、平均で約30 cmのズレがあった。

このように測定方法としては人力によるものと比べ、その問題点は少ないものと考えられる。

つぎに、高速道路におけるわだち掘れ測定結果の利用方法の問題点に関して検討を進め、以下の結論を得ることができた。

- (1) わだち掘れの評価単位としては、維持修繕工事における日施工延長等を考慮すれば、100m毎とするのがよい。
- (2) わだち掘れ評価値の再現性等の向上を図るため、100m内に2点以上の測定を行ない、その平均値を評価値とするのがよい。
- (3) 限られた調査予算のなかで効率的な測定を行なうため、路面の現状把握をその主な目的に、予測システム等の併用を前提とし、表-2に示す調査サイクルを提案した。

表-2 わだち掘れ調査サイクル

断面 (両方向) 平均交通量(台/日)	わだち掘れの 進行速度 (mm/年)		
	大	中	小
4以上	4~2	2以下	
大 50,000以上	1回/2年	1回/2年	1回/3年
中 50,000~25,000	1回/2年	1回/3年	1回/3年
小 25,000以下	1回/2年	1回/3年	1回/4年

注) 調査サイクルは、わだち掘れの進行速度と断面平均交通量から求める。

#### 4-3 高速道路におけるわだち掘れ測定法

日本道路公団では、以上の検討結果を基にわだち掘れの測定方法をKODAN 225<sup>4)</sup>として定め、現在運用中である。この測定方法を表-3に示したので、参考にしていただければ幸いである。

表-3 路面のわだち掘れ測定方法

1. 適用範囲  
この試験方法は、路面におけるわだち掘れの測定について規定する。
2. 測定用機具
  - 2.1 直線定規または水糸  
規準線となるべきもの。
  - 2.2 横断プロフィルメータ  
直線定規の上を移動しながら機械的に横断形状を記録するもの。
  - 2.3 わだち掘れ測定車  
走行しながら車両に搭載された測定装置により一定間隔で連続的に横断形状を測定するもの。
3. 測定方法
  - 3.1 直線定規または水糸による方法
    - (1) 直線定規は図-1に示すように走行車線(第1, 第2, 登坂車線を含む)にあっては路肩側レーンマークの内を、追越車線

にあっては中央分離帯側レーンマークの内側を基準としてセットする。

- (2) 測定は、矢印の方向に20cm間隔で行い、スケールで横断形状をmm単位まで読み取る。

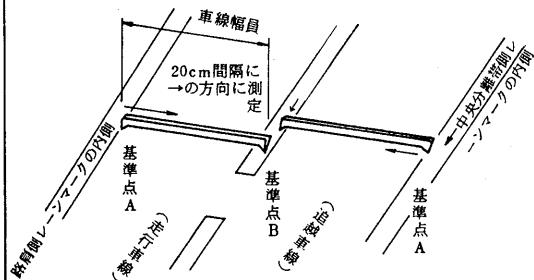


図-1 直線定規による方法

#### 3.2 横断プロフィルメータによる方法

- (1) 左右のレーンマークをまたぐように横断プロフィルメータをセットする。
- (2) 高さ調整ねじにより左右の高さを同一にする。
- (3) 図-2に示すように、ビーム上波形記録器を移動させて横断形状を記録する。

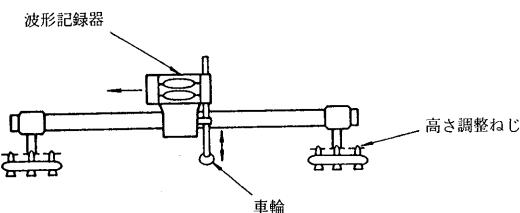


図-2 横断プロフィルメータ

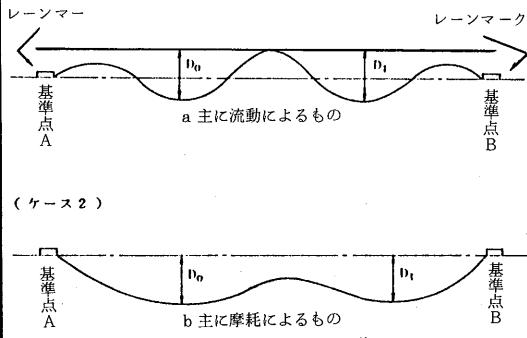
#### 3.3 わだち掘れ測定車による方法

- (1) 調査対象区間が長い場合には、車両に搭載されたわだち掘れ測定装置により走行しながら一定間隔で連続的に横断形状の測定を行う。
- (2) 測定間隔は原則として50mとする。

#### 4. 結果の算出

##### 4.1 わだち掘れ量の算出

測定の結果は図-3のように測定断面毎にD<sub>0</sub>, D<sub>1</sub>をmm単位で記録し、D<sub>0</sub>, D<sub>1</sub>の大きい方の値を測定断面のわだち掘れ量とする。



#### 4.2 結果の整理

わだち掘れは、原則として100m毎で整理する。

## 5. あとがき

本文では、高速道路の路面管理に適用するわだち掘れの測定法について検討を加えたが、この検討を進めれば進めるほど、もっと基本的な事項へ立帰って「わだち掘れ」という現象をみつめなおすことの必要性が痛感させられた。すなわち、舗装に要求される機能は何か、そうした機能をいかに定量化するかなどの点の検討である。

わだち掘れが道路の機能に及ぼす影響は、車両の操縦性の低下およびそこに滞水した水によるハイドロプレーニングや水はねなどによる視界困難などがあり、こうした現象を適確に表現しうる定量化の手法に関して研究を進めるべきであろう。

最後に、前記委員会では、日本道路公団の福島、加藤、

松田および㈱パスコの丹治の諸氏が本試験のとりまとめを担当したことを記して、感謝の意を表する。

### <参考文献>

- 1) 高速道路調査会：舗装に関する調査試験方法の検討報告書、昭和60年2月
- 2) 深沢：供用中の調査“路面評価システムと新しい路面性状測定方法の開発”アスファルト、vol 28, No. 144, 昭和60年
- 3) 高速道路調査会：アスファルト舗装路面性状の実態調査に関する解析結果報告書、昭和53年
- 4) 日本道路公団：日本道路公団試験方法、昭和60年10月



## 日本のアスファルト事情 1985年版

B5・48ページ・¥500（送料は実費）

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

ハガキにてお申込み下さい。  
申込先 105 東京都港区虎ノ門2丁目6番7号  
和孝第10ビル  
日本アスファルト協会

目

次

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

# ひび割れ測定

野上幸治\*・高橋哲躬\*\*

## 1. まえがき

ひび割れは、舗装の健全度を評価する一つの指標として測定されることが多いが、現在のところその定量化(評価)の手法には極めて問題が多いと言わざるをえない。すなわち、ひび割れは、発生形態が様々で、その発生原因やメカニズムなどに不明な点が多いため、現在の所有効な定量化(評価)は困難である。

高速道路においては、現在、北は道央道から南は九州道まで様々なひび割れが生じ、維持管理上の問題となっているが、今後こうしたひび割れの本格的な修繕の検討が必要となってくる。

このようなことから、ひび割れの有効な評価手法の必要性は極めて高く、日本道路公団では、(財)高速道路調査会に「舗装に関する調査試験方法の検討委員会」を発足させ、その検討を実施してきた<sup>1)</sup>。

本文では、前記委員会において行なわれたひび割れに関する検討結果の概要を述べる。

## 2. ひび割れ測定方法

### 2-1 スケッチによる方法

スケッチにひび割れ測定方法は、図-1に示すように技術者がスケールを用い、先じめ用意したスケッチ用紙にひび割れを描く。このとき道路延長方向は10m程度の間隔で測点をマーキングするかあるいは巻尺を延ばして置くとよい。なおこの場合写真も同時に撮影するとよいが、路面のひび割れをチョークで明示すると明確に写すことができる。

このほかひび割れの発生している調査対象区間ごとに3~5人の技術者で、直接ひび割れ率を評価する方法もある。

### 2-2 ひび割れ測定車による方法

ひび割れ測定車はスチールカメラやシリットカメラを用いて路面を連続的に撮影する方式が一般的であるが、レーザを路面に照射し、その陰影を高密度ビデオにて収

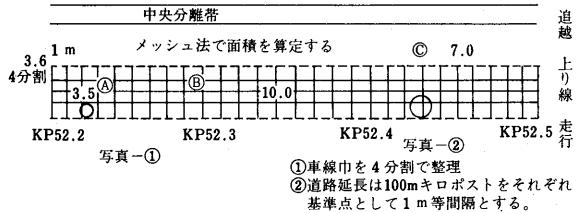


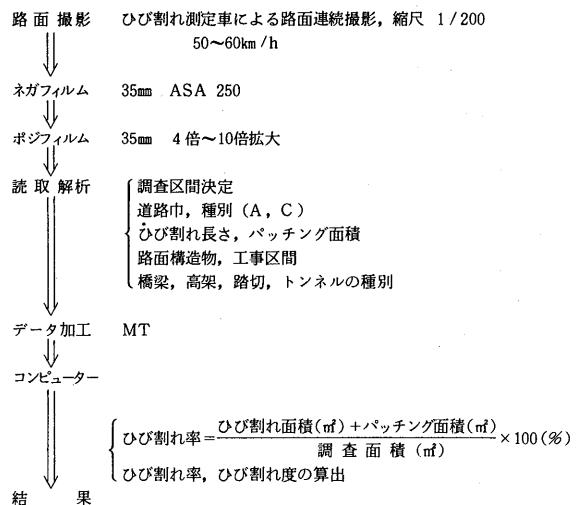
図-1 スケッチによるひび割れ測定

録するものもある<sup>2)</sup>。

ここでは従来から使用されていたものについて記すが、これは車両に搭載された撮影装置、電源装置および照明装置からなる測定車で、目視点検によってひび割れの発生している車線を対象として撮影を行う。

撮影時間帯は交通障害が少なく、また昼間に比べ常に一定条件の下で適当な露出が得られることから夜間撮影が望ましい。

路面を撮影したポジフィルムによるひび割れ読取解析からひび割れ率の算定結果までの手順は次のとおりである。



\* のがみ こうじ 日本道路公団技術部道路技術課 \*\* たかはし てつみ 大林道路機技術部技術課

ポジフィルムの解読はメッシュ法により行ない、計測メッシュの個数をもって調査対象の面積とする。メッシュの大きさは、高速道路では車線幅を4分割し、延長方向にあっては1mピッチのメッシュを採用している。

### 2-3 目視による方法

目視によるひび割れ測定方法は欧米においては、ひび割れのみならず Surface distress (表層の損傷度) を評価するため visual rating (目視評価) と呼ばれ広く普及<sup>3)</sup>しているが、わが国ではいまだ試行段階と言わざるを得ない。

日本道路公団で試行した手法は、主として路面のひび割れによる破損の程度を、観察者がひび割れ調査表に基づいて路肩を走行する車両に同乗し調査するものである。その概要を示せば以下のとおりである。

- 1) 車は観察者を同乗し、高速道路の路肩を原則として10~20 km/h の速度で走行する。
- 2) 観察者は助手席および運転者後部席にて、走行車線、追越車線および路肩等を観察し、運転者が読み上げた距離票を記入する。
- 3) 測定は原則として車線ごとに、延長方向 100 m 単位で行なうが、ひび割れ発生地点の距離標で明示してもよい。
- 4) ひび割れの程度は、①少ない、②中程度、③ひどいの3段階で評価し、ひび割れの形状により、①縦、②横、③面に分類する。
- 5) 道路構造はひび割れ発生の原因の一推定資料として用いるため、①土工、②切盛境、③橋、④トンネルに分類する。
- 6) 路面の破損の観察は、維持修繕に利用できるように、ひび割ればかりではなく、ポットホールについても行なう。

### 2-4 ひび割れ割合の算出方法

現在ひび割れの測定結果は、アスファルト舗装では路面に現われたひび割れの占める面積の割合を示すひび割れ率で、コンクリート舗装ではひび割れ延長を調査面積で割って求めるひび割れ度でそれぞれ表わされている。

#### 1) ひび割れの分類

- ① 面状ひび割れ：1メッシュ内に2本以上のひび割れが入ったもの。
- ② 縦線状ひび割れ：1メッシュ内に1本だけひび割れが入り、その方向が相対的に延長方向であるもの。
- ③ 横線状ひび割れ：1メッシュ内に1本だけひび割れが入り、その方向が相対的に横断方向である

もの。

④ パッチング：パッチングは1箇所 100m<sup>2</sup> 以下のものとし、その中でも大規模な打換えや段差修正部は除き実面積とする。

#### 2) ひび割れ率の算出

ひび割れ率はアスファルト舗装を対象とし、メッシュサイズは 1m × 1/4 車線幅員とし、式-(1)により算出する。

$$\text{ひび割れ率} = \frac{\frac{\text{面状ひび割れ面積 (m}^2\text{)}}{\text{調査区間面積 (m}^2\text{)}} + \frac{\text{線状ひび割れ面積 (m}^2\text{)}}{\text{調査区間面積 (m}^2\text{)}} + \frac{\text{パッチング面積 (m}^2\text{)}}{\text{調査区間面積 (m}^2\text{)}}}{\text{調査区間面積 (m}^2\text{)}} \times 100 \quad \dots \dots \dots (1)$$

#### 3) ひび割れ度の算出

ひび割れ度はコンクリート舗装を対象とし、メッシュサイズは 0.5 × 0.5m とし、式-(2)により算出する。

$$\text{ひび割れ度} = \frac{\frac{\text{パッチング面積 (m}^2\text{)}}{\text{調査区間面積 (cm/m}^2\text{)}} \times 100}{\frac{\text{ひび割れ長さ (cm)}}{0.3 (\text{m})}} \quad \dots \dots \dots (2)$$

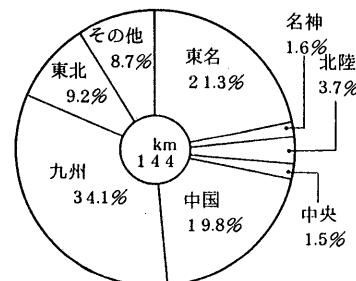
### 3. ひび割れ測定結果の利用

#### 3-1 高速道路におけるひび割れの実態

高速道路における舗装のひび割れの調査結果の一部を図-2 に示した。これによれば、ひび割れは昭和58年3月末現在で調査した箇所約 1,800 車線 km のうち、ひび割れ率 10% を越える箇所は 144 車線 km であり、主として九州道、東名および中国道に多い。

ひび割れの発生が比較的多い路線のうち、九州道は全体として縦断方向の線状ひび割れが発生し、その後幅が広がったものや、面状に発展したものが目立つ。

中国道では縦断方向の線状ひび割れが車輪通過部付近に発生したものがほとんどであり、その他切盛境等に発



注-1) ひび割れ率は 100m ロットで算出

注-2) ひび割れ率 10% をこえる箇所の延長  
(調査率: 14 %)

図-2 高速道路の路線別ひび割れ発生割合

生した横線状ひび割れも見うけられる。これに対し東名では、車輪通過部付近に発生し、面状ひび割れに進展したものが多く、わだち掘れもかなり大きい事が特徴である。これらのひび割れのうち中国道で発生しているものを写真-1に示した。

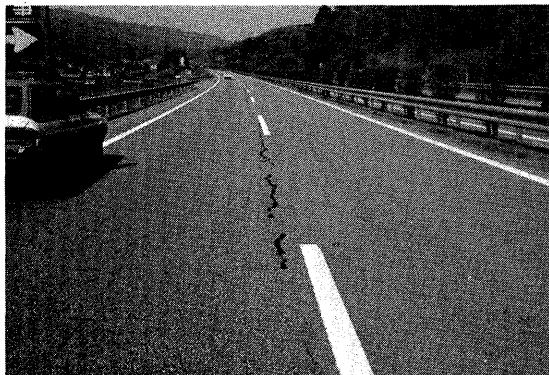


写真-1 中国道に発生した縦ひび割れ

一方、図-3はひび割れが原因で修繕された箇所の修繕直前のひび割れ率を知るため、それぞれの箇所の修繕前1年以内のひび割れ率を示したものである。図によれば修繕直前のひび割れ率は、平均で9.4%でありほとんどが20%以下であることがわかる。また、各道路の修繕直前のひび割れ率は極めて不ぞろいであることもわかる。

このようなことから、高速道路ではひび割れ率で見ると比較的小さな時点での修繕されており、その値も道路毎にバラツキ、修繕時期の判断値としてのひび割れ率の有効性には疑問が残るといえる。

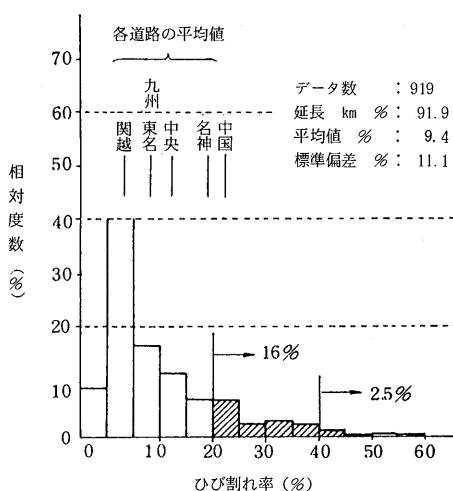


図-3 修繕時におけるひび割れ率

### 3-2 ひび割れ測定結果の利用状況

高速道路におけるひび割れの調査資料の利用の仕方は次のようにある。

- (1) 路面の異状を早期に発見する。
- (2) 路面性状を常に把握する。
- (3) 路面性状の将来予測を行い、長期的な計画性をもった維持修繕工事を行う。

昭和55年度から59年度までのひび割れ測定結果の利用方法について、日本道路公団の管理局等にアンケート調査を行ったところ、表-1に示すような利用の仕方を行っている事が明らかとなった。これによると、ひび割れ調査結果は予算要求等の資料として用いられているのが最も多いようである。

表-1 日本道路公団におけるひび割れ調査結果の利用方法

1	予算要求の資料	8
2	路面の性状把握あるいは路面管理	6
3	路面変状の将来予測	5
4	維持修繕計画の立案	3
5	維持修繕工事の資料	3
6	舗装追跡調査	1

\* 9 管理局および建設局からの調査資料による。

しかし、ひび割れ調査結果は、費用の割りには有効に利用されていないのが現状である。その主な理由としては、現行のひび割れ調査結果では、ひび割れの発生原因等が明らかにされにくく、維持修繕への有効利用が難しいことがあげられる。

また、車の走行性に対しては、ひび割れよりわだち掘れの方が大きな影響を及ぼすため、わだち掘れを優先的に考慮してしまうことも、有効利用がされにくい理由のひとつと考えられる。

### 3-3 ひび割れ調査の適用

舗装のひび割れ調査は、ひび割れの程度と調査目的に応じて最も適した手法により行なわれなければならない。現在のところひび割れの調査は図-4に示すように、目視によるもの、ひび割れ測定車によるものおよびサンプリング調査に大別することができる。ここでは、これらの手法の高速道路での適用方法に関する検討を行なう。

- (1) 目視によるひび割れ測定は、調査の初期の段階でひび割れ発生の有無を確認するため、原則として毎年定期的に実施するのが望ましい。そこでひび割れが確認されて、その発生原因が判明できるものは修繕の要否

判断を行ない、修繕を直ちに必要としない場合には、次年度に再度調査を行なう。

- (2) ひび割れの発生がある程度目視調査により確認できた後、ひび割れの面的な状況の定量的な把握や進行状況の把握などの詳細調査が必要な場合、あるいは記録として残したい場合などは、ひび割れ測定車による方法を行なうのが望ましい。
- (3) 目視調査方法等によりひび割れの原因が究明できず、且つ修繕工法の決定が困難な場合には、これらを検討するための資料の一部を得るために、原因究明調査としてサンプリング調査を行なうのが望ましい。

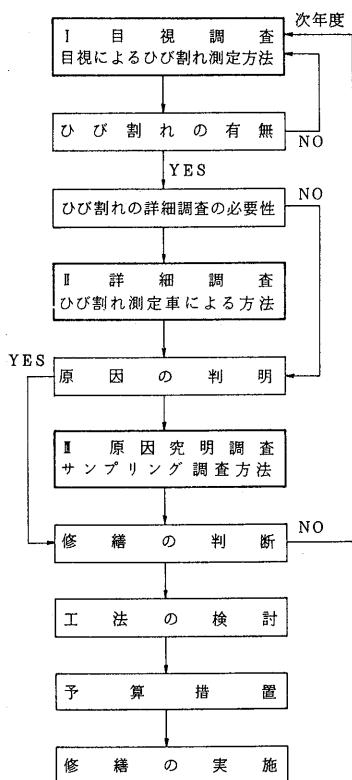


図-4 維持管理の各段階におけるひび割れ測定

サンプリング調査は、既設舗装体より切り取り供試体を採取し、各種試験を実施するものである。ひび割れの原因が主として混合物の老化等に起因する場合、切り取り供試体の観察または混合物の空げき率や回収アスファルトの性状等を検討することにより、ひび割れの発生原因が推定でき、ひび割れ深さの測定と合わせて、修繕工法を検討する一資料が得られる。従ってサンプリング調査方法においては、標準的な試験として表-2に示す項目を行なうのが望ましい。なお、路面の状態によって

表-2 サンプリング調査方法での標準試験項目

試験項目	試験方法	備考
供試体の観察	—	色、つや、粒度、混合物のはくり等
ひび割れ深さ測定	—	表面からどの程度入っているか
密度測定	KODAN217	空げき率の算出、粒度や締固め度合の検討
アスファルト回収試験	KODAN229	既設舗装のアスファルト性状の試験
針入度試験	JIS K 2207	アスファルトの老化度合の検討
軟化点試験	JIS K 2207	アスファルトの老化度合の検討

はたわみ量測定なども考えられる。

サンプリング調査方法は、局部的な調査となりがちなので、対象区間を代表するような試料採取を行ない、また、舗装履歴等の資料調査も合わせて行なうことが必要である。

#### 4. 目視によるひび割れ測定

##### 4-1 目視によるひび割れ測定方法

ここでは高速道路に用いるために検討した目視によるひび割れ測定方法について、その概要ならびに試行結果等について述べる。

日本道路公団では、前記委員会での検討結果を基に目視によるひび割れ測定方法を、暫定(案)として表-3のとおり定めている<sup>4)</sup>。

表-3 路面のひび割れ測定方法

##### 1. 適用範囲

この測定方法は、舗装路面のひびわれ測定について規定する。

##### 2. 目視によるひび割れ測定方法(案)

###### 2.1 測定用機具

- (1) 測定車、ひび割れを観察する観察者を乗車させる車は、原則として道路パトロールカーを使用する。
- (2) ひび割れ調査票 表-1に示すものを使用する。

###### 2.2 測定方法

- (1) 測定車が通常10~20km/hの速度で路肩を走行しながら、観察者は目視によりひび割れの状態を調査し、ひび割れ調査票に記入する。ただし、トンネルや橋梁など路肩が狭く低速走行した場合安全性に問題がある箇所は、上記速度にとらわれず十分注意して調査する。
- (2) 観察者は原則として、助手席と運転者後部席の2箇所に位置し、助手席の観察者は主として路肩および走行車線を、後部席の観察者は主として走行車線および追越車線を観察する。
- (3) 観察者は延長方向に原則として100m単位で、走行車線、追越車線、その他(路肩、登坂車線、バスストップ、パーキングエリアやサービスエリアのランプ等)の車線別に記入する。
- (4) ひび割れは、縦、横、面、ポットホールの形状別に、およびなしを含め4段階の発生程度別に記入する。なお、施工継目の開きや荒れ、または橋梁ジョイント付近の破損は、通常のひび割れと区別がつくように記入する。
- (5) ひび割れ調査票は1枚で1km分となっていて、原則として区切りがつくよう1kmごとに使用する。
- (6) 調査票には、路線名、調査年月日、上下車線および天候を記入する。

(7) 2人の測定結果が大幅に異なる場合には、現地にて再度ひび割れ状態を確認する。

### 2.3 結果の整理

測定結果は年度ごとにファイルし、路面状況をすぐ把握できるようになると共に、修繕箇所の選定および工法の検討あるいはひび割れの進行状況の検討に利用できるようにする。

ひび割れ調査（目視）

コード  天候

ひび割れ調査票 道路名 :

調査年月：昭和□□年□□月□□日  
上下（上：1、下：2）□

キロポスト	程 度	車 線	種 類	道路構造	備考
(自)	1 少ない	1 走 行	1 縦	1 土 工	
	2 中程度	2 追 越	2 横	2 切 盛 境	
	3 ひどい	3 その他	3 面	3 橋	
		4 ポットホール	4 トンネル		
(自)	1 少ない	1 走 行	1 縦	1 土 工	
	2 中程度	2 追 越	2 横	2 切 盛 境	
	3 ひどい	3 その他	3 面	3 橋	
		4 ポットホール	4 トンネル		
(自)	1 少ない	1 走 行	1 縦	1 土 工	
	2 中程度	2 追 越	2 横	2 切 盛 境	
	3 ひどい	3 その他	3 面	3 橋	
		4 ポットホール	4 トンネル		
(自)	1 少ない	1 走 行	1 縦	1 土 工	
	2 中程度	2 追 越	2 横	2 切 盛	3

## 4—2 目視によるひび割れ測定方法の試行

路肩を走行しながらひび割れ測定が行なえるか、また路面のひび割れはどの程度見えるかなどを検討する目的で、昭和59年10月、中央自動車道・相模湖IC～大月ICの下り車線の24km区間において、4台の車に8名の観察者が乗車し、目視によるひび割れ測定方法を試みた。

測定箇所は、数年前までは多くのひび割れが発生していたが、修繕が進み、測定時点ではひび割れはわずかしか観察できなかった。写真-2は運転席の後部座席より



写真-2 路肩走行中に後部席から見た路面

見た路面状況である。

目視によるひび割れ測定方法の試行の結果、路面状況は十分観察できる事は確認できたが、その他次のことが明らかとなった。

- 1) 延長方向 100 m単位で、あるいはひび割れ発生地点で車線別にひび割れ発生箇所がわかる。
  - 2) 縦、横、面のひび割れ形状および3段階のひび割れの程度がわかる。また長さ20cm程度、幅0.5 mm程度のかなり小さなひび割れでも観察できる。
  - 3) 8名のうち1～2名のみが観察したひび割れは全体の40%程度あったが、そのうちのほとんどは施工終日の開きや荒れ、または橋梁のジョイント付近の舗装の損傷であった。従って測定要領の確認により、精度は向上すると思われる。
  - 4) ひび割れは比較的多く発生している箇所では、観察者の評価差は少なくなり、測定精度は向上するものと思われる。
- また次のことが問題点としてあげられた。
- 1) 初期調査という位置づけからすると、車は1台、観察者は2人で適當かどうかの検討が必要である。
  - 2) 施工終日や橋梁ジョイント付近の取扱いについて、またフラッシュやポットホール等のひび割れ以外の損傷の取扱いについての検討が必要である。
  - 3) トンネル等では安全のため車の走行速度の増加を余儀無くされ、観察がしにくい。また路肩を低速で走行するため、安全性の面でやや不安がある。
  - 4) 気象条件あるいは日光の方向により、ひび割れの評価が異なる懸念がある。
  - 5) 測定結果の整理方法の検討が必要である。

## 5. あとがき

本文では、簡便な目視によるひび割れの測定法を紹介したが、こうした測定法は前述のとおり段階では Visual Rating と言われ、舗装維持管理システムの重要な入力データを構成している。今後、こうした手法がわが国の高速道路に最も適した Visual Rating となるようさらに検討・改良を加えて行く必要があろう。また、得られた測定結果を有効に利用する評価システムに関するものやさらにそのシステムを用いて舗装の健全度を評価する手法等に関するものなど、まだまだ研究しなければならない問題が山積していると言えよう。

最後に、本文では前述の委員会の検討結果を大幅に引用させていただいたことを記して、当委員会の松野委員長(佐藤道路)はじめ委員、幹事の諸氏に謝意を表します。

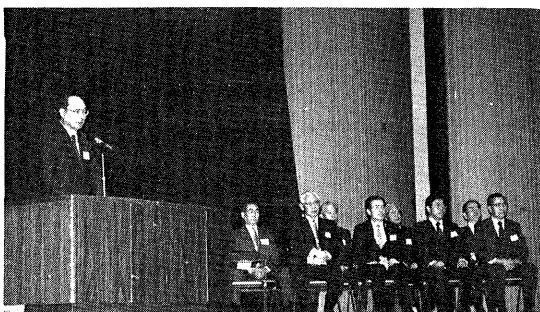
<参考文献>

- 1) 高速道路調査会：舗装に関する調査試験方法の検討  
報告書、昭和60年2月
- 2) 深沢 供用中の調査“路面評価システムと新しい路面性状測定方法の開発”アスファルト vol.28, No.144,

昭和60年

- 3) “Collection and Use of Pavement Condition Data” NCHRP Synthesis of Highway Practice 76 TRB 1981
- 4) 日本道路公団 日本道路公団試験方法、昭和60年10月

昭和61年2月7日 広島市見真講堂



講演

講演にあたって  
日本アスファルト協会名誉会長  
谷藤正三



昭和61年度道路予算および  
道路整備の動向について  
建設省道路局企画課課長補佐  
佐藤信秋



中国地方における道路整備の動向  
建設省中国地方建設局道路部長  
藤井壽明



水車式創造工学  
—不即不離の効用—  
東京理科大学理工学部土木工学科教授  
樋口芳朗



アスファルト舗装の  
構造設計法に対する基本的考察  
日本大学理工学部土木工学科助教授  
阿部頼政



フルデプスアスファルト舗装技術指針案について  
アスファルト舗装技術委員会  
フルデプス分科会長  
河野宏

主催者挨拶

日本アスファルト協会  
会長 鹿島 實



開催地代表者挨拶

建設省中国地方建設局長  
岡田哲夫



広島県土木建築部長  
岩本利彦



広島市中区建設部長  
小野正



全国からの参加者内訳

建設省・公団	46	( 9.0)
自治体(市役所)	108	(21.2)
道路建設業	223	(43.8)
学校関係	28	( 5.5)
本協会々員	63	(12.4)
来賓・招待者	41	( 8.1)
合 計	509	(100%)

# アスファルトの回収試験

野上幸治\*・荒井孝雄\*\*

## 1. まえがき

アスファルト混合物からアスファルトを回収し、その性状を知る手法は、舗装体中のアスファルトの性質を調べるために重要であり、とくに最近ではアスファルト舗装の再生利用が普及し、再生骨材や既設舗装体中のアスファルト性状を求める目的で利用されることが多くなった。

さて、混合物からアスファルトの性質を変化させずに回収することは重要な意味をもつ基本的な事項であるが、歴史的に見て、回収試験の正否はアスファルトの稠度の再現に重点が置かれ、例えばブランクテストにより、原アスファルトと回収アスファルトの針入度の差の小さい方法、もしくはそれが可能な溶剤の選定が基本となっていると言つてよい。

ところで、わが国ではアスファルト回収試験は“アブソン法”なる名称で知られている。発祥の地である米国での変遷を眺めてみると、回収試験がASTMで取り上げられたのは1944年のことであり、1949年にASTM D 762-49として規定されている。その後、1965年までこの方法が存続したが、現在行われているD 1856標準試験法は1961年に取上げられ、1963年に正式な規定となって今日に至っており、この間に、4回の改訂が行われている。

わが国では、名神高速道路調査（昭和41年7月～42年7月）を契機として回収試験が行われるようになったが、それ以前から回収試験方法として導入されたのはASTM D 762の方法であったこともあり、それ以後長くこの方法が用いられて来た。しかし、新しいD 1856の標準化とともに、新旧が折衷化し、しかも、わが国独自の工夫も加えられた結果、公的な試験方法の確立をみないまま、各機関により各様の試験が行われ今日に至っている。

このような状況から、日本道路公団では高速道路調査会に委託し、「舗装に関する調査試験方法の検討」委員会の一つとして、アスファルト回収試験を取り上げ、現状把握を行うとともに、共通試験等の検討を行なった上で、

アスファルト回収試験方法のとりまとめを実施した。ここでは、その一端を紹介するとともに、回収試験方法の概要を述べることとする。

## 2. アンケート方式によるアスファルト回収試験の実態調査

前記のように、回収試験方法自体が多様化しているため、その実態を把握することが差し当り必要と考えられ、表-1に示す機関に対し、アンケート形式による調査が実施された。

ここではアンケート調査項目の個々について詳細を示すことは紙面の都合で割愛させて頂くが、集計結果の概要を表-2の中にまとめて示す。

表-2に見られるように、回収試験方法の現状は取扱いが非常に広範囲にわたっていることが理解される。その結果より、現在のASTM D 1856-79標準試験方法と相違する項目のうち、試験結果にとくに影響すると思われるものを挙げてみると以下のようである。

①酸化劣化抑制への配慮 ASTMは酸化劣化抑制のため、抽出前の試料（コア）の保管、加熱解きほぐし、抽出方法（加熱抽出によらず遠心分離抽出法による冷抽出）等に配慮している。

②溶剤の限定 ASTMではトリクロロエチレンおよびベンゼンに絞り、等級を規定している。

③蒸留条件の規定 ASTMでは蒸留中の温度条件と炭酸ガス吹込み条件を細かく規定している。

表-1 調査機関内訳

区分	機関数
官 公 厅	10
舗 装 会 社 研 究 所	21
石 油 会 社 研 究 所	2
道 建 協 試 験 所	1
計	34

\*のがみ こうじ 日本道路公団技術部道路技術課

\*\*あらい たかお 日本舗道研究所

表-2 アスファルト回収試験方法の現況（アンケート調査による）と共通試験条件

区分	項目	ASTM D 1856-79の方法	わが国における試験の現状（アンケート調査）	実施した共通試験条件
試料の保管	保管条件	空気遮断可能な容器中、0℃以下保管	一般にコアのまま室温、空気中に保管	できるだけ冷暗所に保管（供試体のままで）
試料の調製	アスファルトの回収量	通常75~100g（これ以外も可）	範囲60~220g（平均、約120g）、多数80~140g（針入度、軟化点、60℃粘度測定に必要な量）	約120g
	加熱の方法 温度 時間	蓋のある容器中に入れる 最高 110℃ ほぐれる最短時間（但し30分以内）	恒温乾燥炉（多数）、温水加熱、真空乾燥器 範囲60~160℃（平均95℃）、多数80~120℃ 範囲20~220分（平均70分）、多数20~80分（注1）	アルミフィルムに包み恒温炉で加熱 ① 100~110℃、30分以内 ② 70~80℃、120分以内 } 解きはぐ } し可まで
	解きはぐから抽出開始までの時間	（規定なし）	考慮していない場合が多いが、規制しているところもある。	できるだけ速やかに
アスファルトの抽出	抽出方法	ASTM D 2172 A法（遠心抽出法）	ASTM D 762（旧法）の抽出器利用（70%）、D 2172 A法（15%）、ソックスレー（10%）、他（5%）	a. D 762に準拠（装置も） b. その他（方法を明記）
	抽出時間	A法による	（例）密粒ACで平均3時間、多数1~4時間（72%）	a. 2時間、b. その他（時間を明記）
	抽出液量	A法による	範囲200~1600ml（平均900ml）、多数400ml	a. 約400ml b. その他（量を明記）
	溶剤	試薬級トリクロロエチレンまたはベンゼン、D 835に適合するNitrogen base ベンゼン、D 2359に適合する精製ベンゼン	ベンゼン トリクロロエチレン } 半々で全体の3/4 他はトリクロロエタンの使用例（15%）、四塩化炭素、塩化メチレンの例もある。	特級または1級トリクロロエチレン
遠心分離による灰分除去	回転数 時間、容量	① 770G以上が得られるもの ② 連続式で3000G以上のもの 30分以上、容量は規定なし	平均900G、770G以上は70%、770G以下30%、回転数平均2330rpm、連続式は用いられていない。 ほぼ30分以上。分離管1本の容量、平均270ml（注2）	回転数：8300/ $\sqrt{R}$ 、以上 R：回転半径(cm) 30分以上
蒸留試験	フラスコ容量	250ml平底フラスコ	多様。主なものは250mlと500ml（ともに35%） 300~500mlの三口フラスコ（ASTM D 762）も用いられている。（注3）	500ml（試作フラスコ、図-1）
	抽出液の濃縮等	① 200mlに濃縮後蒸留 ② 蒸留中分液ロートで注入し全量使用	濃縮するケースは全体の約1%（注4） 容器の大きいフラスコ（500ml）の場合には、濃縮せずに全量を1度に蒸留するケースが多数。	a. 濃縮せず（約400ml使用） b. 濃縮して400mlとするか、蒸留しながら追加して全量使用
	フラスコのネックの長さとその保温	図面は示されているが、寸法は示されていない。保温の記述なし。	多様30~150mm。保温としてガラスウールなどを用いるケースが多い。	保温はガラスウール使用（リボンヒータ等を使用するのも可）
	蒸留速度	（規定なし）	長短差大。	図-2の蒸留温度管理図 (代表例)を標準とする
回収アスの試験	CO <sub>2</sub> 吹込み時間 と量	135~157℃:100ml/分 157℃~終点:900ml/分 160~166℃で900ml/分を10分間 継続、CO <sub>2</sub> 吹込み時間は合計15分以上	吹込み開始時間、量とも多様 吹込み初期:200~600ml、後期800~1200mlとしている 機関が多数。 蒸留当初より少量吹んでいるケースもある。 (CO <sub>2</sub> は液化炭酸ガス使用)	
	終点の判定	160~166℃、10分継続後、滴下が認められない場合（滴下があるときは、滴下が止むまで継続し、5分後に終点とする）	溶剤滴下が止んでから終点とするまでの時間は多様。 範囲5~35分（平均18分）。(注5) 時間による判定のはか臭気や冷却管の先端からでる白いガスの消失等の確認で終点判定の補助としている。	ASTM 1856-79と同様とする
その他	試験用試料の採取時間	とくに規定なし、回収アスファルトの再溶融は可	当日性状試験を行う場合と翌日以降に行う場合がある。 決めていない機関もある。(注6)	当日試験試料をとり試験するのを原則。 翌日以降の場合は再加熱して試料採取
その他	所要時間	抽出から回収終了までの時間は8時間以内	範囲3~13時間（平均8時間）としている機関が多い。	8時間以内

(注1) 加熱温度と加熱時間との関係はみられない。

(注2) 遠心管の回転半径（中心から溶液の中央まで）は平均14cm（8~20cm）

(注3) 丸底フラスコ45%，三口丸底フラスコ38%，平底フラスコ14%

(注4) ソックスレー、回収装置、ロータリーエバボレーター等を用いて濃縮している。

(注5) 蒸留終了時温度範囲は150~190℃、平均163℃となっている。

(注6) 回収終了後の物性試験の実施：回収当日10%，1日後63%，決めていない27%

### 3. 共通試験による回収試験の実施

アスファルトの回収試験については以上に述べたような背景にあることから、わが国としての抽出・回収試験の確立化が望まれるところであるが、各機関が独自の方法を導入している現在、それらを簡単に統一化することは困難であるし、また混乱も生ずる。

しかし、すべての条件を一つに限定することは当面無理としても、回収アスファルトの試験結果にとくに重要な影響をもたらすと考えられる諸条件については統一化することが急務であるとの考慮から、その条件を限定して、9機関によるアスファルト回収試験に関する共通試験が計画された。それでもなお残る問題については、将来における検討課題として残し、とりあえず現状で可能な標準試験方法の確立を目的として実施されたものである。

共通試験においては、諸条件のうちとくに回収アスファルトの物性に影響を及ぼすと推定される要因として、試料（混合物供試体）の解きほぐし条件と蒸留の方法に着目して実施された。これらを含めて、共通試験における統一実施条件を表-2の右欄に示す。

#### 実施内容：

##### ① 原アスファルトの針入度および軟化点試験

使用アスファルトは針入度80～100であるが、試験実施機関には針入度等級を明示しないで実施。

##### ② 原アスファルトに対するブランクテスト

原アスファルト100gを400mlのトリクロロエチレンに、60°Cで1時間かけて溶解したものについて、表-2右欄の蒸留試験条件によって実施し、①の針入度、軟化点と比較。

##### ③ 混合物からのアスファルト抽出・回収試験

混合物供試体は日本道路公団試験所で作製されたものを用い、解きほぐし条件を表-2の④および⑤の2通りに分けて実施。なお、各機関で從来から行っている独自の方法も一つの条件として加えて実施。

蒸留方法の一つの制約条件として、図-1に示すような寸法および容量（500ml）をもつ蒸留フラスコを試作し、各機関に配布して使用した。500mlとした理由は、旧アブソン法の三口フラスコを含めて500ml容量のものが多く実用されていることや抽出液全量（約400ml）を回収試験に一度に供するのに適していることなどのためである。

もう一つの蒸留条件として、滴下開始からの蒸留時間に対する蒸留温度の管理並びにCO<sub>2</sub>吹込み条件を図-

2のように標準的に示し実施した。ただし、各機関独自の場合はこれによらない。

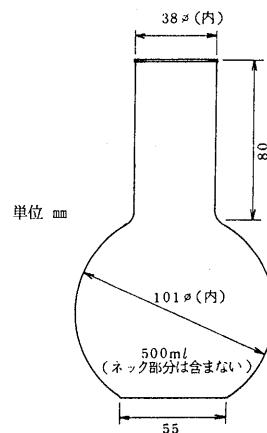


図-1 500 ml蒸留フラスコ(平底)

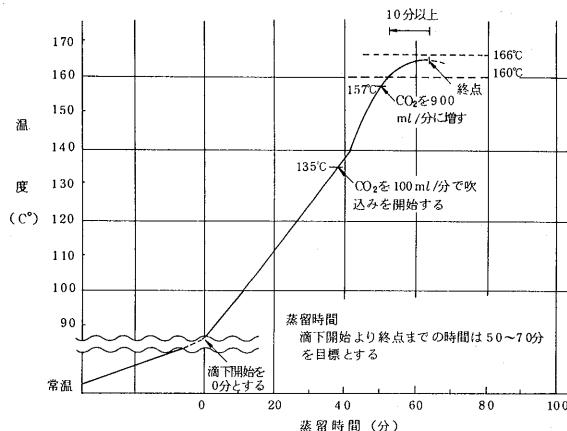


図-2 蒸留温度管理図（代表例）

### 4. 共通試験の結果と分析

#### (1) 第1次共通試験結果の傾向

共通試験データの詳細はここでは省略するが、各機関のデータを照合し分析した結果、原アスファルト（以下原アスと略す）とそのブランクテストの針入度および軟化点が、次のような傾向を示すことが判明した。

① 原アスの針入度および軟化点データの各機関による差が大きい（針入度：平均82、範囲75～90、軟化点：平均46.4°C、範囲45.0～48.0°C）。

② しかし、原アスに対するブランクテストによる回収アスの針入度の差および軟化点の差は各機関とも小さく、回収試験そのものは原アスの針入度、軟化

点が再現されているという意味で、今回の設定条件で概ね問題なく実行できることを示した。

以上の2点からみて、各機関の針入度および軟化点試験そのものの操作上の差がデータに反映していると言わざるを得ないという結果であった。（これらの結果を第1次共通試験と表現する。なお、ここでは混合物からの回収試験結果は省略し、後述することにする）。

そこで、各機関の試験操作の違い（試験機器の違いも含めて）がデータに特異性を与えるかどうかを確認するため、第2次共通試験として針入度級の異なる2つのアスファルト（試料A、B）について針入度、軟化点を求め、その傾向をみるとこととした。

#### (2) 第2次共通試験の結果とデータの補正

表-3は第1次における原アスデータと第2次における試料アスA、Bに対する各機関ごとの針入度及び軟化点試験結果を示したものである。この結果から、図-3および図-4に示すように、各機関とも針入度及び軟化点データの傾向が一致し、特異性が認められた。

このため、混合物からの回収試験による針入度、軟化点データを比較するには、各機関ごとに存在する針入度および軟化点試験の傾向（偏差）を除去する必要がある。そこで、針入度は、1次試験の原アスと2次試験の試料Aについて、各機関のデータと全データの平均値との差をそれぞれ求め、2つの平均値の逆符号を補正值とし、一方、軟化点については、1次の原アス、2次の試料A、Bそれぞれについて求めた各平均値との差の平均値に逆符号をつけたものを補正值とし、混合物からの回収アスの針入度および軟化点に対してそれぞれ補正した。補正した結果を表-4に示す。

補正後の値が、混合物の回収試験におけるバラツキを表わしていると一応考えられるが、差はかなり大きいことがわかる。しかしながら、解きほぐし方法④と②の関係や④と独自の方法との関係は、例えば針入度について

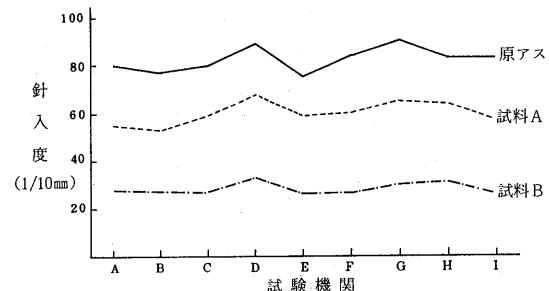


図-3 各機関における針入度試験結果

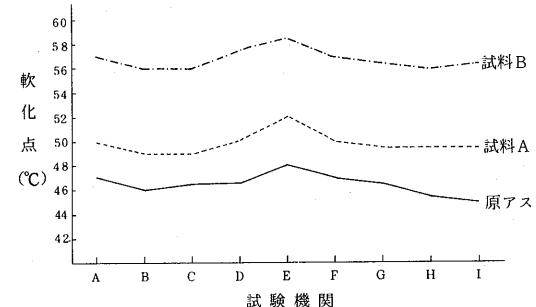


図-4 各機関における軟化点の試験結果

示せば図-5のようにかなり相関性が高いことから、解きほぐしの方法については、いずれかの条件に統一できるだろうと考えられた。

#### (3) 回収試験に伴う試験の誤差について

表-5は、原アス、試料A、Bおよび回収アスの補正後の針入度および軟化点について、平均( $\bar{X}$ )、標準偏差( $\sigma_{n-1}$ )、変動係数( $Cv$ )を求めたものである。

表-5の $Cv_0$ は回収試験全体に係わる変動係数を示しており、この中から回収試験操作のみに係わる変動係数を求めてみる。

今、回収試験全体に対するバラツキを $\sigma_0$ 、回収試験操作に伴うバラツキを $\sigma_1$ 、針入度または軟化点試験に伴うバラツキを $\sigma_2$ とすると、一般に、

表-3 共通試験結果

区分	項目	A	B	C	D	E	F	G	H	I	平均 $\bar{X}$	標準偏差 $\sigma_{n-1}$	変動係数 $Cv$ (%)
原アス	針入度	80	77	80	89	75	84	90	83	83	82.3	5.0	6.1
80~100	軟化点(°C)	47.0	46.0	46.5	46.5	48.0	47.0	46.5	45.5	45.0	46.4	0.88	1.9
(1次)	P I	-0.8	-1.2	-1.0	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-1.2	-1.3	—	—	—
試料A	針入度	55	53	59	68	59	60	65	64	57	60.0	4.9	8.1
	軟化点(°C)	50.0	49.0	49.0	50.0	52.0	50.0	49.5	49.5	49.5	49.8	0.89	1.8
(2次)	P I	-1.0	-1.3	-1.1	-0.5	-0.3	-0.8	-0.7	-0.7	-1.0	—	—	—
試料B	針入度	28	27	27	33	26	26	30	31	26	28.2	2.5	9.0
	軟化点(°C)	57.0	56.0	56.0	57.5	58.5	57.0	56.5	56.0	56.5	56.8	0.98	1.6
(2次)	P I	-0.8	-1.2	-1.1	-0.4	-0.7	-0.9	-0.8	-0.8	-1.1	—	—	—

試料Aは針入度60~80級、Bは20~40級

表-4 混合物回収アスファルトの性状(補正後)

区分	機関	A	B	C	D	E	F	G	H	平均 $\bar{X}$	標準偏差 $\sigma_{n-1}$	変動係数 $Cv\ (%)$
補正値	針入度	+ 4	+ 6	+ 2	- 8	+ 4	- 1	- 7	- 3	- 2		
	軟化点(℃)	0	+ 1.0	+ 0.5	0	- 1.5	0	+ 1.5	+ 1.5	+ 1.0		
①の方法	針入度	71	79	68	66	67	69	72	59	62	68.1	5.8
	軟化点(℃)	49.0	48.5	49.0	50.0	48.5	48.0	48.0	49.0	50.5	49.0	0.9
	P I	- 0.6	- 0.4	- 0.7	- 0.5	- 0.9	- 1.0	- 0.8	- 0.9	- 0.6	-	-
②の方法	針入度	72	77	68	56	65	71	70	57	61	66.3	7.1
	軟化点(℃)	48.5	49.0	50.0	52.0	49.0	47.5	48.5	50.0	51.0	49.5	1.4
	P I	- 0.7	- 0.4	- 0.5	- 0.4	- 0.8	- 1.0	- 0.8	- 0.9	- 0.5	-	-
独自の方法	針入度	67	74	66	64	63	68	69	-	59	66.3	4.5
	軟化点(℃)	49.5	50.5	50.0	49.5	49.0	48.0	48.5	-	51.5	49.6	1.1
	P I	- 0.6	- 0.9	- 0.5	- 0.7	- 0.9	- 1.0	- 0.8	-	- 0.4	-	-

$$\sigma_0^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2$$

[1]

が成り立つ。

変動係数は  $Cv_i = \sigma_i / \bar{X}$  であるから [1] より、

$$Cv_1 \cdot \bar{X} = \sqrt{(Cv_0 \cdot \bar{X})^2 - (Cv_2 \cdot \bar{X})^2} \quad [2]$$

したがって、

$$Cv_1 = \sqrt{Cv_0^2 - Cv_2^2} \quad [3]$$

ただし、 $Cv_0$ ：回収試験全体の変動係数 $Cv_1$ ：回収試験操作に係わる変動係数 $Cv_2$ ：針入度または軟化点試験に係わる変動係数

[3] 式を用いて、回収アスの補正前の針入度および軟化点について  $Cv_1$  を求めると表-6 のようである。ただし、回収アスのレベルに合わせるために、表-5 の生アスの変動係数  $Cv_2$  は原アスと試料Aとの平均値を用いた。

この結果からみると、回収試験操作のみに係わる試験誤差  $Cv_1$  は、共通試験で設定した①、②条件の変動係数  $Cv_0$  に対し、針入度で 41%、軟化点で 46% と全体の半分以下となっており、独自法に対しても針入度が 47% とあまり変わらず、軟化点のみが 10% と小さくなっているが、共通試験条件による方法は補正前の針入度に限ってみれば、独自法と殆んど変わらない結果となっている。

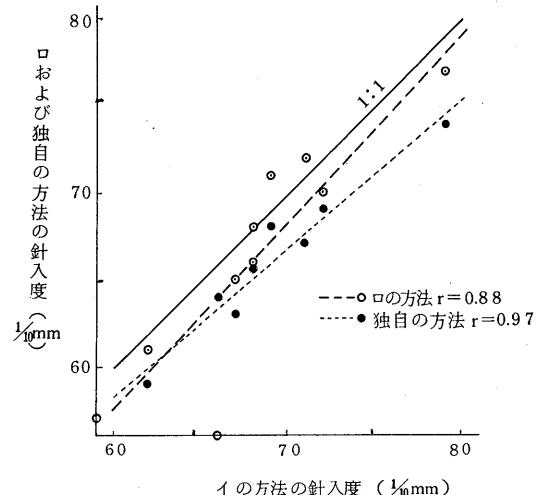


図-5 イとロの方法の針入度

表-6 回収試験操作のみに係わる変動係数  $Cv_1$  (補正前)

条件	試験方法	針入度, %	軟化点, %
イ, ロの平均に対して	5.9 (41)	1.7 (46)	
独自の方法に対して	6.7 (47)	0.6 (10)	

( ) 内は回収アス全体の変動係数  $Cv_0$  (表-5 参照)に対する百分率 ( $100 \times Cv_1^2 / Cv_0^2$  で計算)

表-5 回収試験に係わる誤差

区分	項目	針 入 度				軟 化 点 (℃)			
		種類	$\bar{X}$	$\sigma_{n-1}$	$Cv\ (%)$	$Cv$ 平均 (%)	$\bar{X}$	$\sigma_{n-1}$	$Cv\ (%)$
生アス ファルト	原アス 80~100	82.3	5.0	$Cv_2$ 6.1	$Cv_2$	46.4	0.9	$Cv_2$ 1.9	$Cv_2$
	試料A 60~80	60.0	4.9	〃 8.1	7.1	49.8	0.9	〃 1.8	1.8
	試料B 20~40	28.2	2.5	〃 9.0	〃 9.0	56.8	0.9	〃 1.6	〃 1.6
回収アス ファルト (補正前)	①	68.2	6.3	$Cv_0$ 9.2	$Cv_0$	48.7	1.0	$Cv_0$ 2.0	$Cv_0$
	②	66.4	6.1	〃 9.2	9.2	49.2	1.4	〃 2.9	2.5
	独自法	66.0	6.5	〃 9.8	〃 9.8	49.6	1.0	〃 1.9	1.9

## 5. 蒸留試験条件について

蒸留試験のうち、とくに回収結果に影響を与える条件は温度管理とそれに伴う時間的要素と思われる。共通試験で設定した温度管理条件と各機関の独自法による管理の結果を示せば図-6および図-7のとおりである。

共通試験の管理状態は多少のバラツキはあるものの、概ね良好に管理されていると考えられる。一方、独自法の場合は、とくに蒸留時間に大きなバラツキが見られる。この点の影響を調べるために、滴下開始から終了までの時間と160°Cに達してから終了までの時間の長さに対する補正後針入度について検討した。

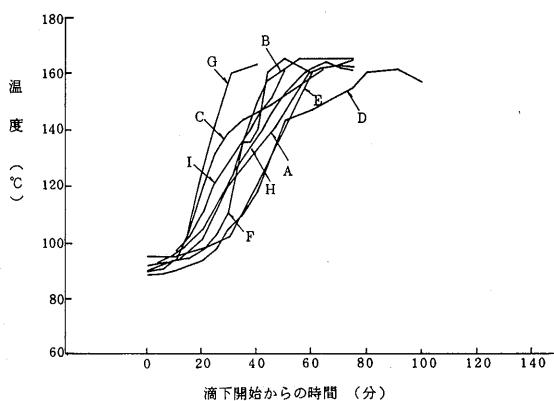


図-6 蒸留温度管理図（共通試験）

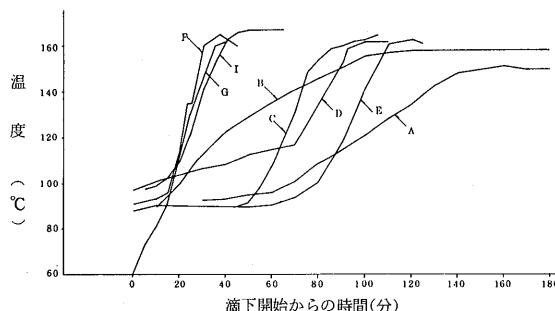
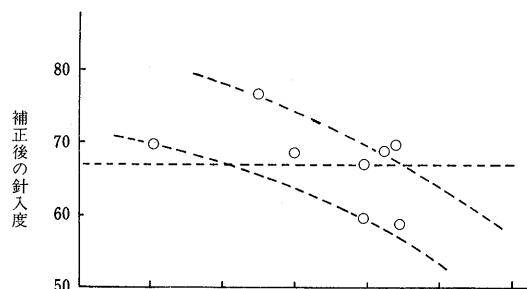


図-7 蒸留温度管理図（各機関独自の方法）

図-8(a)および(b)はこの結果を示したものであり、いずれも時間の長い方が回収後針入度を低める方向に作用していることが判明した。この結果を見る限り、蒸留時間は長過ぎるよりも短かめの方が良いと言えるが、短か過ぎるのも回収不十分となるので、共通試験条件の結果から判断して、その設定条件程度では十分であろうと考えられる。



溶剤滴下開始から終了までの時間(分)  
(a)

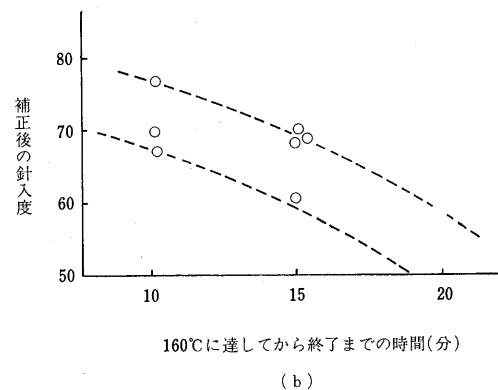


図-8 蒸留の条件（時間）と補正後の回収アス針入度の関係

## 6. アスファルト回収試験の標準化へ向けて

アスファルトの回収試験方法の確立のため、共通試験により検討を行って来たが、以上に示したように、針入度および軟化点のバラツキが大きく、回収試験精度を議論する以前の問題として、これらの試験方法自体各機関間の精度が問題となつた。

しかし、各機関でのプランクテストではほぼ問題ないこと、また、各機関が従来から独自の方法として実施して来た方法では、比較的変動係数が小さいこと（補正後で針入度は  $C_v = 6.7\%$ ）、共通試験の設定条件での変動係数はこれよりもやや大きいが（補正後で  $10.8\%$ ）、慣れれば独自法と同程度の精度が期待されることなどを勘案した場合、回収試験を標準化することは十分意義があると考えられた。

そこで、当面実施できるアスファルト回収方法の標準案として、共通試験条件を踏えてとりまとめることとなつたが、ここでは、前記委員会でとりまとめた（案）の概要を以下に示す。

## アスファルト回収試験方法(案)概要

### 1. 適用範囲

あらかじめ、アスファルト混合物から抽出した溶液より、アスファルトを回収する方法について規定。

### 2. 試験機器

(1) 抽出器 図-9に示すASTM D 762(アプソン法)のものを使用。

(2) 遠心分離機と遠心管 770 G以上の遠心力が得られるもの。容量250 ml以上の遠心管を4本以上有するバッチタイプの遠心分離機を用いる。

(3) 蒸留装置 図-10に示すもの。

①蒸留フラスコ 500 ml容量のもの(図-1)。

②ガラス管 内径10 mmの耐熱ガラス製。

③CO<sub>2</sub>吹込み管 長180 mm以上、外径6 mm、先端が径10 mmの球状をもち、1.5 mmの孔6個有するもの。

④ヒーター マントルヒーター等

⑤冷却管 長200 mm以上のウォータージャケットを有するもの。

⑥ガス流量計 1000 ml/分まで測定可のもの。

⑦温度計 0~300 °C、1度目盛の水銀温度計。

### 3. 試薬、炭酸ガス

(1) 炭酸ガス 液化炭酸ガス

(2) 溶剤 試薬1級または特級トリクロロエチレン

### 4. 試料

(1) 回収アスファルト量 80~120 g目標。

(2) 解きほぐし 110 °C以下の恒温炉で加熱し、30分以内に解きほぐす。

(注) 加熱時はアルミフォイルで包むとよい。

(3) 溶剂量 350~400 ml。

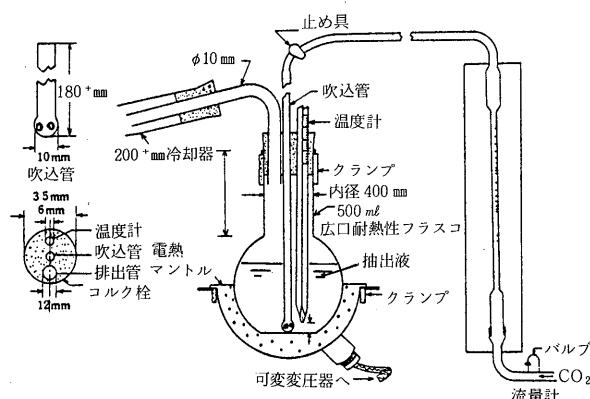


図-10

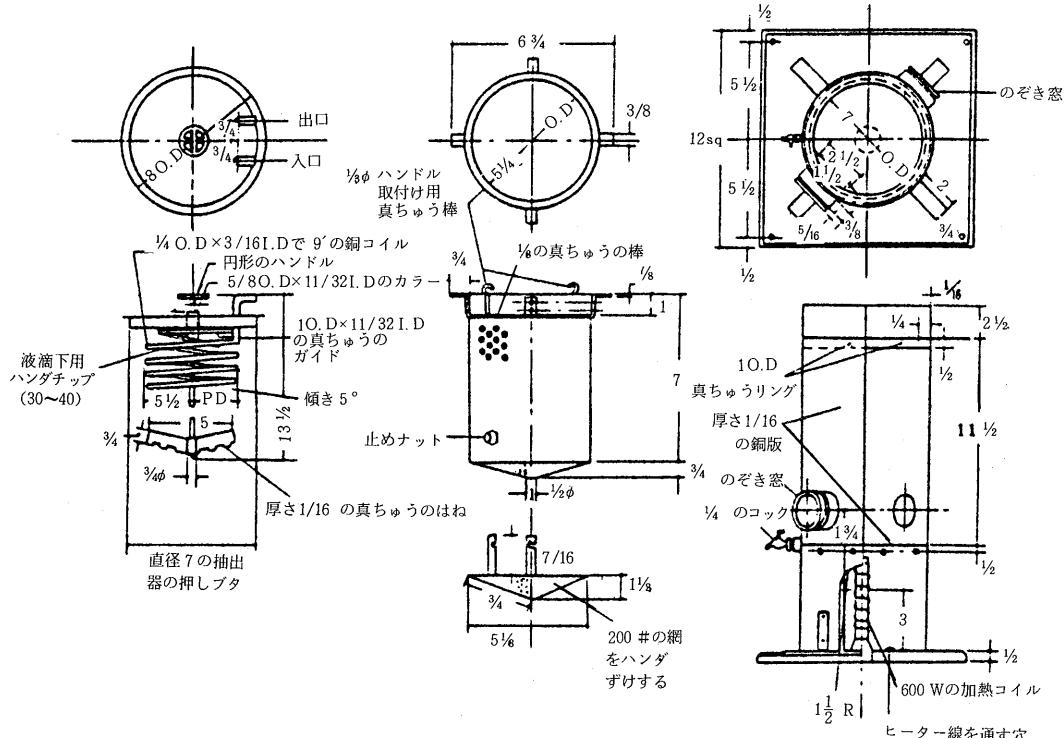


図-9 抽出試験装置

- (4) 抽出の程度 全量抽出を目標とする。  
 [注] 抽出後の洗浄には同じ溶剤を用いる。
5. 蒸留手順  
 (1) 所要時間 抽出から回収終了まで 8 時間以内。  
 (2) 灰分の分離 遠心分離機で 770 G 以上の遠心力を 30 分以上かける。  
 [注] 抽出液の全量 (350 ~ 400 ml) を使用。
- (3) 装置の組立て 抽出液全量を蒸留フラスコに入れ、図-10 のように組立てる。CO<sub>2</sub> を吹込むまでは CO<sub>2</sub> 管を液面より上にセットし、ゴム管の一端は閉じておく。  
 [注] 蒸留フラスコ上部はガラスウール等で覆い、放熱を防ぐ。
- (4) 加熱 流出初期の滴下が毎秒 2 ~ 3 滴になるようヒーターを調節する。  
 [注] 突沸防止のため、沸石等を用いるとよい。
- (5) CO<sub>2</sub> の吹込み 135 °C に達したら CO<sub>2</sub> 管を底に触れる程度に下げ、初めは約 100 ml/分に調節して CO<sub>2</sub> を吹込む。157 ~ 160 °C に達したら、CO<sub>2</sub> 流量を約 900 ml/分に増し、この流量を保持しながら 160 ~ 166 °C に保つ。
- (6) 蒸留の終点 15 分経過し、冷却器から溶剤の滴下があるときは、更に 5 分間 CO<sub>2</sub> 吹込みを継続した後、CO<sub>2</sub> 吹込みを止め、終了する。

[注] 初留から終了までの所要時間は 60 ~ 80 分を目標とする。

#### 6. 回収アスファルトの試験

回収アスファルトは引続き諸試験に供するのを原則とするが、やむを得ない場合は一旦容器に移して冷却し、試験を行うときに再加熱して用いる。

#### 7. あとがき

以上に示したアスファルト抽出・回収試験方法（案）は、当面適用できる方法というべきものであり、試験条件をできるだけ単純化した方法を指向している。しかし、本案で十分であるとの立場ではなく、幾つかの問題点もかかえている。

たとえば、現 ASTM D 1856 では操作中のアスファルト劣化に対処するため冷抽出法を採用したり、保管や解きほぐし中の酸化抑制等にも気を配っている。本案では、その辺りの取扱いは不十分な形となっているが、今後の検討課題として残されよう。

今後、本方法を適用してみて、種々の御批判を頂ければ幸いである。なお、アスファルト抽出・回収試験方法については、本案とは別に、現在（社）石油学会製品部会アスファルト分科会の方で、専門委員会を設けてアスファルト抽出・回収試験方法について検討しており、いずれ発表されるものと思われる。

## 砂利道の歴青路面処理指針（59年版）増刷

第2刷 B5判・64ページ・実費頒価 400 円（送料実費）

### 目 次

1. 総 説	3. 路 盤	5. 維持修繕
1 - 1 はじめに	3 - 1 概 説	5 - 1 概 説
1 - 2 歴青路面処理の対象となる道路の条件	3 - 2 在来砂利層の利用	5 - 2 維持修繕の手順
2. 構造設計	3 - 3 補強路盤の工法	5 - 3 巡 回
2 - 1 概 説	4. 表 層	5 - 4 維持修繕工法
2 - 2 調 査	4 - 1 概 説	付録 1. 総合評価別標準設計例一覧
2 - 3 設計の方法	4 - 2 浸透式工法	付録 2. 材料の規格
2 - 4 設計例	4 - 3 常温混合式工法	付録 3. 施工法の一例(D-2工法)
2 - 5 排 水	4 - 4 加熱混合式工法	付録 4. 材料の品質、出来形の確認

# 平坦性試験

野上幸治\*・宮洋光\*\*

## 1. まえがき

平坦性試験は、車両の走行における快適性の評価や舗装工事の品質管理試験などに用いられており、種々の測定方法がある。日本道路公団では、舗装工事における平坦性の評価は、8mプロフィルメータによって行なうことをとしている。しかし、舗装の修繕工事では測定作業上の安全性や装置の規模等からこの方法を適用することには問題が多いことが指摘されている。このため、8mプロフィルメータに比べその問題の少ない3mプロフィルメータの高速道路の舗装修繕工事への適用に関する検討を早急に行なう必要がある。

本報文では、わが国で行なわれているいくつかの平坦性試験の概要を文献等から調査したのち、特に3mプロフィルメータを高速道路の舗装修繕工事の品質管理試験として適用したときの問題点について検討を行なった。

## 2. わが国における平坦性試験

ここでは、わが国で実施されている平坦性試験についてその概要を紹介し、高速道路の舗装修繕工事への適用を前提としたときの問題点を整理してみる。

### 2-1 平坦性試験の概要

#### (1) 3mプロフィルメータによる方法

測定装置は図-1のように、測定機軸が3mあり、定規の足の部分に多数の車輪をつけたもので、人力によるけん引式である。その原理は、各基準輪に対する測定輪の高さが算術平均されて、ビームの中心（測定輪の位置）における基準高さとなり、この基準輪に対する測定輪の上下変動を記録紙に自記記録する。記録されたデータから、1.5m間隔に、任意に設定した基準線をもとに、波高さを読みとり、測線毎に標準偏差( $\sigma_{3m}$ )を求める。

#### (2) 8mプロフィルメータによる方法

この測定装置の原理は3mプロフィルメータと同様であるが、図-2に示したように測定機軸が8mと長い。車によってけん引するので、高速道路のような長距離区

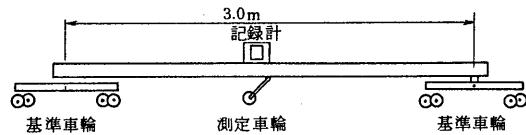


図-1 3mプロフィルメータ（8輪式）

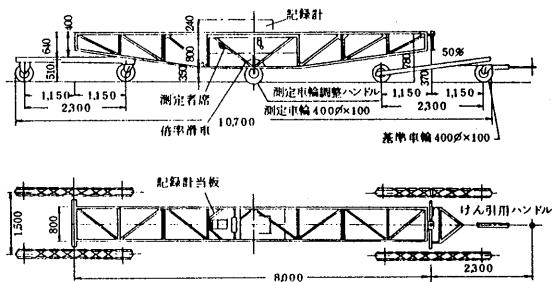


図-2 8mプロフィルメータ

間を測定するのに適している。この測定器で得られたデータの解析は、PrI<sup>1)</sup>(Profile Index)とTCR(Total Cumulative Roughness)の2通りの方法がある。PrIは記録紙の中心付近に6mmバンドをあて、バンドの外側にはみてた頂部と底部の距離を加算し、これを区間距離で除して求める。TCRは測定輪の下方向積算偏位量を2倍した値を区間距離で除したものである。日本道路公団では、PrIとTCRの算出には、原則として区間距離を200mとしている。

#### (3) 高速プロフィルメータによる方法

高速プロフィルメータには第5輪として測定輪を設け、路面の凹凸量を直接測定する方法と、レーザ変位計等に

\*のがみ こうじ 日本道路公団技術部道路技術課

\*\*みや ひろみつ 世纪東急工業技術研究所

より非接触で測定する方法がある。昭和59年度の建設技術評価制度の開発課題<sup>2)</sup>としてとりあげられたこともあり、最近では非接触型のものが多く用いられるようになっているが、これらはいずれも3mプロフィルメータによって得られる $\sigma_{3m}$ が計測される機構となっている。写真-1にはこの高速プロフィルメータの例を示した。



写真-1 路面性状計測車の例

## 2-2 高速道路への適用上の問題

前述した平坦性の測定方法を対象に、高速道路における維持修繕工事の施工管理試験への適性を検討すると、次のようになる。

### (1) 3mプロフィルメータによる方法

人力によってけん引するため、他の方法よりも測定効率が低い。しかし、維持修繕工事の施工距離が新設工事よりも短かいこと、現場が断続的に位置することが多いことから、測定効率の低さは問題にならない。

問題は、測定機軸が3mと従来の方法の8mよりも短かいため、得られた測定値( $\sigma_{3m}$ )が、高速で走行する車の快適性を評価する値になり得るかである。

### (2) 8mプロフィルメータによる方法

特に交通量が多い路線では、測定器が大型のため、組立てや解体の作業あるいは測定作業の安全性に問題がある。使用する頻度が少ない最大の原因はここにある。

### (3) 高速プロフィルメータによる方法

高速走行における平坦性の評価や測定作業の安全性からすると、最適な方法である。しかし、計測車が高価であるため、安価で簡便な測定器を用いる施工管理試験に適用することは、妥当でない。

以上のことから、施工管理試験に用いる条件が具備されている3mプロフィルメータを用いた測定方法が適当

と考えられる。

## 3. 高速道路の舗装修繕工事における平坦性

日本道路公団では、管理する道路を対象に、昭和58年8月から10月までの維持修繕工事における施工前後の平坦性を、3mプロフィルメータによって調査した。調査工事数は、高速道路が28工事、一般有料道路が7工事である。調査距離は131kmであり、そのうち高速道路は全体の89%、一般有料道路は11%である。また、適用された修繕工法は、図-3に示したとおり、切削オーバーレイがほとんどである。

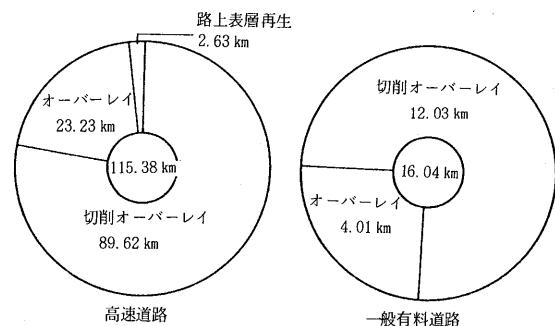


図-3 工種別調査距離

この調査から得られた修繕前後の $\sigma_{3m}$ は、表-1に示す要因と因子によって解析したが、ここではこの解析結果のうち高速道路に関連するものについて、以下にその概要を紹介することにする。

### (1) 修繕工事前後の平坦性( $\sigma_{3m}$ )

図-4は、修繕工事前後の平坦性( $\sigma_{3m}$ )を示したものである。なお、最近の高速道路の舗装の修繕原因の大

表-1  $\sigma_{3m}$  の解析における要因と因子

要因	因子
工種	オーバーレイ、切削オーバーレイ、路上表層再生
交通規制	一車線、対面、全面閉鎖、交互、全て
施工位置	走行(第1, 2), 追越, 全て
測定位置	O. W. P., B. W. P, 全て
設計厚さ	3.0 cm以下, 3.1~4.0 cm, 4.1~5.8 cm, 全て
日当りの施工延長	0~100m, 101~200m, 201~300m, 301~400m, 401~500m, 501~700m, 701~900m, 900m以上 全て
道路種別	高速道路, 一般有料

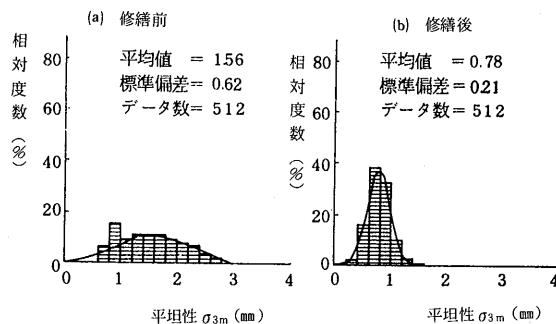


図-4 修繕工事前後の平坦性( $\sigma_{3m}$ )の分布

部分はわだち掘れ<sup>3)</sup>であるが、今回の調査区間についてもそのほとんどがわだち掘れを原因とした修繕であり、平坦性の低下が原因ではない。このため図(a)に示すように修繕工事前の値でも $\sigma_{3m}$ が平均で1.6と平坦性の値としては、ほぼ問題のないものとなっている。一方、図(b)によれば修繕後の $\sigma_{3m}$ は平均で0.8と修繕前の約半分となっていることもわかる。

また、施工後の $\sigma_{3m}$ の最小値は0.2mm程度である。この値は現在の平坦性を改善する施工技術の限界値とも考えられる。

つぎに、平坦性の改善度合を修繕の前後 $\sigma_{3m}$ をもとにして算出した遞減率(递減率(%)=(1-修繕後の $\sigma_{3m}$ /修繕前の $\sigma_{3m}$ )×100)であらわした。図-5は修繕前の $\sigma_{3m}$ と递減率との関係である。図によれば修繕前の $\sigma_{3m}$ が大きいほど、平坦性の改善度合が大きくなる傾向がみられる。修繕前の $\sigma_{3m}$ が0.8mm程度になると、递減率はマイナスを示すことがあり、修繕後の平坦性は修繕前よりも劣ることがわかる。

#### (2) 修繕工法と平坦性( $\sigma_{3m}$ )

表-2は、修繕に適用した工法別に修繕の前後の平坦性および递減率をとりまとめたものである。表によればオーバーレイと切削オーバーレイの $\sigma_{3m}$ と递減率は、ほぼ同様の0.79mmと42%程度を示し、工種の相違による平坦性の改善度合には差異がみられない。なお、路上

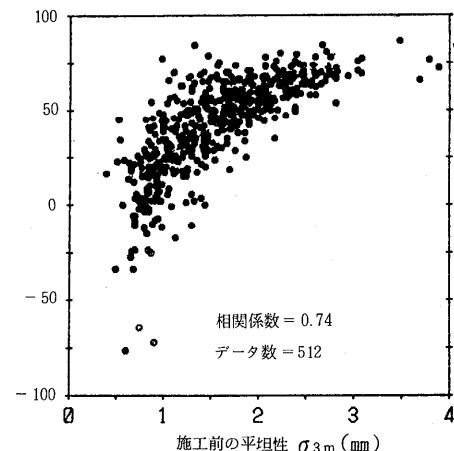


図-5 修繕前の $\sigma_{3m}$ と递減率

表層再生は他の工法に比べ、特異な値を示したが、データ数が少ないとともあり、今後の検討が必要である。

#### (3) 日当り施工延長と平坦性( $\sigma_{3m}$ )

図-6は、オーバーレイと切削オーバーレイの日当り施工延長と $\sigma_{3m}$ の関係を示したものである。図から日当り施工延長が長くなると、 $\sigma_{3m}$ は小さくなる傾向が若干みられる。

#### (4) 測定位置と $\sigma_{3m}$

図-7は、修繕後の外側わだち部(O.W.P.)と車線中

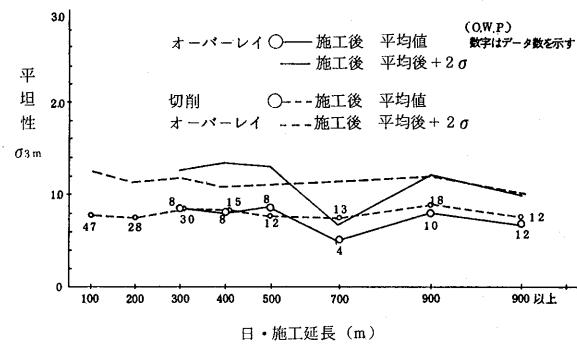


図-6 日施工延長と $\sigma_{3m}$

表-2 工種による $\sigma_{3m}$ の相違

工種	項目	n	施工前の $\sigma_{3m}$ (mm)				施工後の $\sigma_{3m}$ (mm)				递減率 ( $\times 10^2\%$ )			
			$\bar{x}$	$\hat{\sigma}$	max	min	$\bar{x}$	$\hat{\sigma}$	max	min	$\bar{x}$	$\hat{\sigma}$	max	min
高速道路	オーバーレイ	132	1.531	0.585	3.080	0.640	0.790	0.224	1.551	0.415	0.419	0.243	0.772	-0.168
	切削オーバーレイ	380	1.571	0.634	4.114	0.286	0.782	0.199	1.429	0.208	0.425	0.258	0.865	-0.763
	路上表層再生	16	0.825	0.222	1.436	0.609	0.820	0.389	1.870	0.456	-0.058	0.605	0.533	-1.548

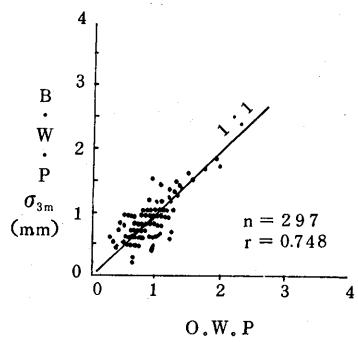


図-7 O.W.P と B.W.P における  $\sigma_{3m}$

央部 (B.W.P) で測定した  $\sigma_{3m}$  の関係を示したものである。

図によれば O.W.P で測定した  $\sigma_{3m}$  は、B.W.P の値よりも若干大きい傾向がみられた。なお、修繕工法による差はほとんど見られなかった。

以上の実態調査や既往の文献<sup>4)</sup>から、高速道路における維持修繕後の  $\sigma_{3m}$  は、平均で 0.8 ~ 0.9 mm 程度になり、ほとんどが 1.5 mm 以内であると言える。

#### 4. その他の平坦性評価値と $\sigma_{3m}$ との比較

ここでは、3m プロフィルメータによって得られる  $\sigma_{3m}$  とその他の平坦性の評価値との関係について、過去の文献等をもとに若干の考察を加えてみる。

##### 4-1 乗心地係数

平坦性の評価手法には、3m や 8m のプロフィルメータを用いる方法のように路面と基準面の高低差を測定するもののほか、車に搭乗した者が感じる乗心地を加速度等として計測する方法もある。この乗心地と  $\sigma_{3m}$  との関係を図-8 に示す一般国道 (時速 40 km) の資料<sup>5)</sup>により検討してみることにする。

前述した実態調査によれば、高速道路における修繕工事後の  $\sigma_{3m}$  の平均は 0.8 であり、この値に対応する乗心

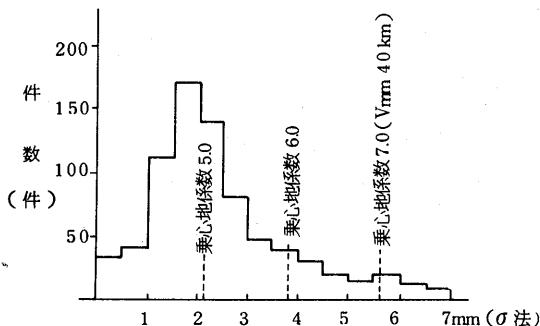


図-8 乗心地係数と  $\sigma_{3m}$  の関係

地係数を図-8 から求めてみると 2 度である。

また、図-9 は車種別速度別の乗心地係数<sup>6)</sup>を示したものである。図によれば、乗心地係数は車種により異なる他、その速度により著しく変化することが明らかである。すなわち、速度が増加すれば乗心地係数が増加し乗心地が悪化していく傾向がある。ここでは、前記により得られた修繕工事後の乗心地係数 2 (これは 40 km/h の値である) が高速時 (100 km/h) ではどの程度になるかを図-9 の関係を用いて推定することとした。図のうち、⑥の車の乗心地係数と速度の関係を求めるとき、(1)

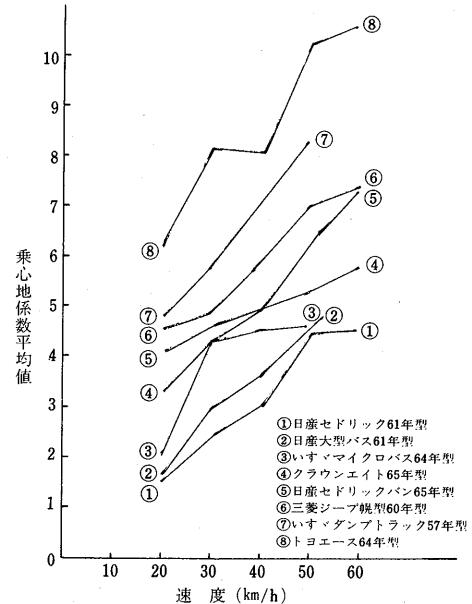


図-9 車種別速度別乗心地係数

式が得られる。

$$\text{乗心地係数} = 8.1 \times 10^{-2} \text{ 速度} + 2.16 \quad (r = 0.968)$$

..... (1)

この式から、時速 40 km と 100 km の乗心地係数を求め、その比率 (100 km/h の乗心地係数 / 40 km/h の乗心地係数 = 1.9) をもとに換算すると、時速 40 km での乗心地係数 2 は時速 100 km では 3.8 となる。この推定値は、市原らが提案する路面評価区分<sup>7)</sup> (0 ~ 5 が良、5 ~ 10 が可、10 以上が不可) によると、良の範囲に入る。

以上のように推定すると、 $\sigma_{3m}$  が 0.8 ~ 0.9 mm を示す路面では、高速走行しても良好な乗心地を呈することになるが、今後は  $\sigma_{3m}$  と乗心地の関係を調査して、上述の値を確認する必要がある。

注. 1) 乗心地係数とは、道路を走行したとき、路面の凹凸に応じた車内の振動を、一定の基準に対する係数であらわしたものである。

#### 4-2 交通振動

通行する車両によって生じる交通振動から、路面を評価したものとして、土木研究所と東京都の報告<sup>8) 9)</sup>がある。図-10は、このうち一般国道における維持修繕工事の施工前後の交通振動と $\sigma_{3m}$ の関係を示したものである。図から $\sigma_{3m}$ の平均である0.8~0.9 mmに相当する交通振動を求めるとき、最大でも50dB未満となる。この値は、振動規制法にもとづいた限度値<sup>10)</sup>を十分に満足するものであり、交通振動の点からの問題は少ないものと考えられる。

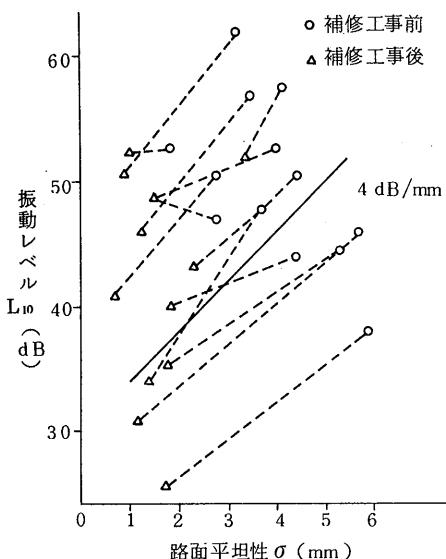


図-10 路面補修工事前後の平坦性と振動レベル  
(一般国道の例)

#### 4-3 8mプロフィルメータの値

中央自動車道における新設工事(2箇所)の表層、基層とアスファルト安定処理路盤で測定した8mと3mのプロフィルメータから得られたデータをもとに、PrI, TCR,  $\sigma_{8m}$  (8mプロフィルメータのデータから求めた標準偏差)と $\sigma_{3m}$ の関係を求めるとき表-3のとおりとなる。PrIと $\sigma_{3m}$ の関係は(2)式のとおりとなった。

$$\sigma_{3m} = 2.52 \times 10^{-2} \text{ PrI} + 0.58 \quad (r=0.748) \quad \dots (2)$$

また、このデータから、維持修繕工事では測定するところが少ないとと思われる路盤のデータを除き、PrIと $\sigma_{3m}$ の関係を求めるとき(3)式となる。

$$\sigma_{3m} = 2.99 \times 10^{-2} \text{ PrI} + 0.47 \quad (r=0.549) \quad \dots (3)$$

つぎに既往の文献で、PrIと $\sigma_{3m}$ の関係を調べた。高速道路調査会の報告<sup>11) 12)</sup>には、(4)式と(5)式があり、松崎らの報告<sup>13)</sup>に(6)式がある。

表-3 8mと3mのプロフィルメータによる各測定値間の相関

No	値の組合せ		相関係数		1次回帰式
	x	y	1次回帰	2次回帰	
1	PrI	$\sigma_{3m}$	0.748	0.748	$\sigma_{3m} = 2.52 \times 10^{-2} \text{ PrI} + 0.58$
2	$\sigma_{8m}$	$\sigma_{3m}$	0.831	0.818	$\sigma_{3m} = 0.45 \sigma_{8m} + 0.22$
3	TCR	$\sigma_{3m}$	0.713	0.712	$\sigma_{3m} = 9.52 \times 10^{-4} \text{ TCR} + 0.59$
4	PrI	$\sigma_{8m}$	0.890	0.890	$\sigma_{8m} = 5.54 \times 10^{-2} \text{ PrI} + 0.80$
5	PrI	TCR	0.917	0.875	$\text{TCR} = 23.14 \text{ PrI} + 16.19$

$$\text{PrI} = 30 \sigma_{3m} - 15.0 \quad \dots (4)$$

$$\text{PrI} = 43 \sigma_{3m} - 12 \quad \dots (5)$$

$$\text{PrI} = 30.24 \sigma_{3m} - 17.24 \quad (r=0.948) \quad \dots (6)$$

図-11は、(2)式~(6)式の関係を図示したものである。

図によれば、各報告毎にそれぞれ $\sigma_{3m}$ とPrIの関係が異なることが明らかである。

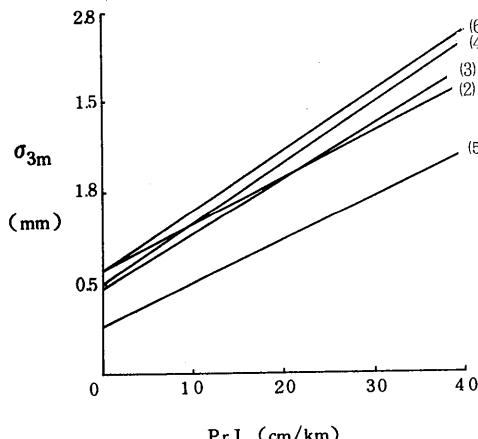


図-11 PrI と  $\sigma_{3m}$  の関係式

一方、前述2によればPrIと $\sigma_{3m}$ は平坦性の一つの評価値でありながら、それぞれその測定ならびに算出の手法が異っていることも明らかである。

以上のようなことからPrIと $\sigma_{3m}$ の間には、定性的な相関は見られるものの定量的な関係を見いだすことができず、 $\sigma_{3m}$ を換算してPrIとして用いることは適当でないとい判断される。

#### 5. 高速道路に適用する3mプロフィルメータによる試験法

高速道路における舗装修繕後の $\sigma_{3m}$ は、前項までの検

討によれば乗車地係数や交通振動の観点から問題ないものと判断される。そこで、高速道路における平坦性の評価が $\sigma_{3m}$ で可能と判断し、KODAN220「8 m プロフィルメータによる路面凹凸測定方法」とアスファルト舗装要綱の「路面の平坦性試験」をもとに高速道路の維持修繕工事に適用する試験法を検討した。その結果表-4に示す平坦性試験法を設定することができた。ここではこの試験法の設定にあたって検討した事項をとりまとめる。

#### (1) プロフィルメータ

わが国で製造、使用された3mプロフィルメータは、

表-4 3 mプロフィルメータによる  
路面凹凸測定方法

#### 1. 適用範囲

この試験方法は、3 mプロフィルメータを用いて縦断方向の路面凹凸を測定し、解析する場合について規定する。

#### 2. 試験用具

3 mプロフィルメータは、両端に各々4個の基準車輪およびフレーム測定車輪、記録計より構成されたもの。

#### 3. 測定方法

3.1 測定位置 舗装外側端または各車線の外側測線から75cm~100cm内側の車輪通過頻度の最も高い位置を選ぶ。なお、広幅員2車線道路においては車線通過頻度の最も高い位置を選ぶ。

3.2 走行速度 測定速度は、3 km/hrを標準とする。

3.3 測定倍率 測定倍率は原則として走行方向1/100、上下方向1/1とする。なお、走行方向や上下方向の縮尺の精度については、測定前にチェックをしておかなければならぬ。

3.4 測定期の記録 測定期の際、キロポスト、橋梁、トンネル、カルバートおよび橋梁、高架の伸縮継手、補修ヶ所、ひび割れ発生ヶ所の位置を記録紙に記入する。

3.5 データの解析 記録紙より1.5 mごとに値を読みとり、原則として150 mを1区間距離として、その標準偏差を求める。標準偏差を求める手順はつきのとおりに行う。

(1) 区間ごとの測定値を6~10個ずつ一定個数のグループに分ける。ただし、一調査、一工事当たりのグループの個数は同一とする。

(2) 各グループの最大値と最小値の差、すなわち範囲(R)を計算する。

(3) 区間ごとの各グループの範囲(R)を加え、グループ数で除して範囲の平均値( $\bar{R}$ )を計算する。

(4) 標準偏差は次式により算出する。

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{C}$$

ここで、 $\sigma$ : 標準偏差

$\bar{R}$ : 範囲の平均値

C: 定数<sup>(1)</sup>

注(1): Cは、1グループ内の測定値の数によってきまる定数であって、表-1に示す。

表-1 Cの値

グループの大きさ	C
6	2.53
7	2.70
8	2.85
9	2.97
10	3.08

写真-2に示した4輪式、8輪式および16輪式の3種で

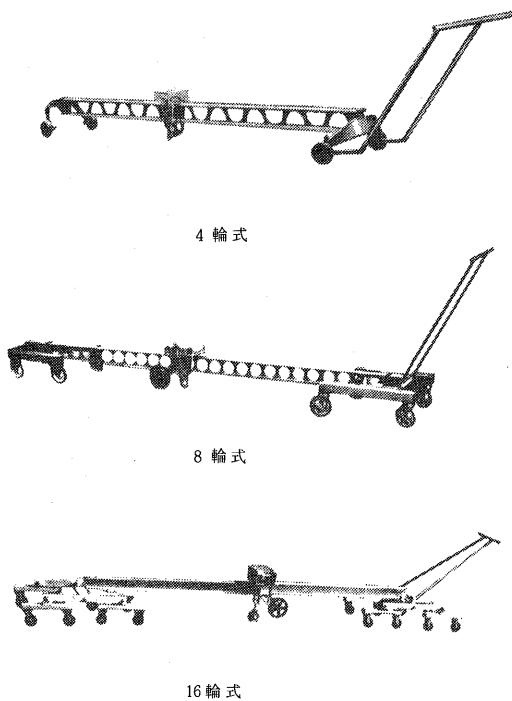


写真-2 3 mプロフィルメータ

ある。現在の使用状況は、4輪式はほとんど使用されておらず、8輪式が広く普及しており、16輪式は一部で使用されている。各型式から得られた $\sigma_{3m}$ の関係を示す報告がないので、入手した8輪式と16輪式のプロフィルメータを用いて、日本道路公団試験所周辺の町田市道で、その関係を調べた。その結果を表-5に示したが、これによれば有意な差は認められなかった。

表-5 8輪式と16輪式の $\sigma_{3m}$

距離	195 m		525 m	
	8輪	16輪	8輪	16輪
$\sigma_{3m}$ (mm)	2.060	2.048	2.055	2.069

したがって、現在の使用状況や8輪式と16輪式の検証結果から、機種は8輪（両端に各々4個）以上の車輪で構成されているプロフィルメータとした。

#### (2) 測定位置

O.W.Pで測定した値は、B.W.Pの値よりも大きくなる調査結果や車の走行位置が現実的であることから、測定位置はO.W.Pと定めた。

### (3) 区間距離

前述3の実態調査のデータをもとに、区間距離45m, 90m, 180m, 270mに分割して、各々の区間距離における $\sigma_{3m}$ の平均と標準偏差を求め、この結果を図-12に示した。図によれば、区間距離が長くなれば標準偏差が小さくなるが、これが約150mを越えると標準偏差の変動が少なくなることがわかる。このようなことから、 $\sigma_{3m}$

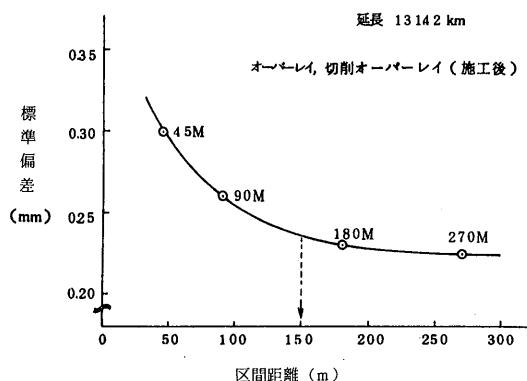


図-12 区間距離と標準偏差の関係

の算出に適用する区間距離は150mと定めた。

### (4) 測定間隔

土木研究所構内にあるアスファルトとコンクリートの舗装の同一箇所(100m)で、測定間隔を0.3m, 0.9m 1.5mの3段階に変えて $\sigma_{3m}$ を3回求めたところ、0.3mと1.5mとの間には、統計的な有意差がないとの報告<sup>14)</sup>がある。したがって、測定間隔は1.5mとした。

### (5) $\sigma_{3m}$ (標準偏差) の計算方法

計算方法には、測定値を累計して標準偏差を求める方法を、測定値をグループにわけ、そのグループの範囲を定数で除して、標準偏差を求める方法がある。

しかし、各々の方法から求まった標準偏差には、ほとんど差がないとの報告<sup>14)</sup>もあり、簡便性を考慮して後者の測定値をグループにわけて方法を採用した。

## 6. あとがき

舗装の平坦性の定量化手法は、路面の管理および新設や修繕工事における品質管理などの段階毎にその条件や要求される事項が異なるため、これに応じた手法でなければならない。本報文では、3mプロフィルメータによ

る手法を主に舗装修繕工事における品質管理方法として適用する場合について検討したが、路面の管理に使用する平坦性の有効な測定方法に関してもその需要は極めて高いと判断される。この路面の管理における平坦性を考えるとき、高速道路の安全性や快適性など舗装に要求される基本的な機能までさかのばって検討する必要があり、今後はこうした基本的機能の検討に必要な資料を収集して行きたいと考えている。

本文をまとめるにあたって、その主体部分は(財)高速道路調査会「舗装に関する調査試験方法の検討報告書」を引用させていただいた。最後に、当該報告書をとりまとめられた松野委員長はじめ委員・幹事ならびに日本道路公団の試験所、管理局のみなさんに感謝の意を表します。

### <参考文献>

- 1) 日本道路公団：日本道路公団試験方法，1985.10
- 2) 深沢：供用中の調査，ASPHALT, vol. 29, No. 144, (1985)
- 3) 古郷、野上：高速道路における路上表層再生工法，ASPHALT, vol. 29, No. 146, (1986)
- 4) 日本道路公団：技術情報，第63号，1982.7
- 5) 日本道路協会：路面性状の基準に関する調査報告書，昭和49年3月
- 6) 市原ら：路面の凹凸，技術書院
- 7) 市原ら：路面の凹凸と乗心地係数について(その1) 土木技術資料 vol. 18, No. 7, 1966
- 8) 成田ら：道路交通振動予測式，土木技術資料 vol. 120, No. 6, 1978
- 9) 達下ら：重交通都市道路舗装の維持管理，昭和56年5月，舗装
- 10) 渡辺ら：交通工学(新訂版)，国民科学社
- 11) 高速道路調査会：舗装補修基準に関する研究報告書，昭和43年度
- 12) 高速道路調査会：路面評価と交通荷重に関する調査報告書，昭和45年3月
- 13) 松崎ら：良好な路面における平坦性の再評価方法，昭和55年11月，道路建設
- 14) 河野：竣工時の舗装の平坦性検査について(I)，土木技術資料 vol. 9, No. 4, 1967

## アスファルトの品質試験

### ～各国の品質試験と供用性について～

伊藤正秀\*

#### 1. まえがき

現在、我が国で使用されている道路用ストレートアスファルト（以下、ストアスという）はアスファルト舗装要綱（以下、要綱という）の規定に従うこととなっている。要綱のストアスの品質規格は、昭和25年版の要綱で初めて制定され、その後幾度かの改訂を受けて現在の形となった。しかし、個々の品質の規定について考えた場合、それらの規定は必ずしも舗装の供用性と対応しているとは言い難い。一方、近年の交通の増大化、重量化により、供用性、耐久性に優れた舗装というものが求められるようになってきている。このような要望に対する努力はアスファルトの改良を中心として各方面で行われているが、今一つ、その結果は満足すべきものとはいえない。これについては様々な理由が考えられるが、特に舗装の供用性とアスファルトの品質規格の関係の問題は大きな要因と考えられる。このような状況から、舗装の供用性、耐久性の向上には、どのような品質を持ったアスファルトが望ましいのかということを明らかにすることがますます求められよう。

折しも(社)アスファルト協会において、舗装技術委員会品質・試験法分科会（牛尾俊介分科会長）の下で、この問題について積極的に議論し、ある程度の結論が得られたので、その概要について今回報告したい。本文で述べる内容は、特にストアスについて既存の文献等に基づいて各方面の舗装技術者が討議した結果であって、その詳細については各種の裏付け試験が必要とされるが、前述の問題について何らかの方向を示すものとして有用であろうと思われる。

#### 2. 品質・試験法分科会の概要

品質・試験法分科会は道路用アスファルト、特にストアスについて、より適確な規格・試験項目を目指して、我が国をはじめ各国の規格の背景を探り、現行の規格・試験方法の検討・改善策の提案を行うことを目的として、

昭和60年6月に設立された。分科会は、役所、石油会社、道路会社等の各方面の舗装技術者によって構成されており、設立の趣旨に沿って精力的な活動を行っている。特に、9月までの3ヶ月間は、現在の各国のストアスの規格项目について、その性格および重要度の分類、また、舗装に要求される性能としてのストアスの試験项目的整理を行った。

現在もこれらの問題についてさらに掘り下げた議論を行っている。今後は実際に試験を行い、その結果を踏まえての議論、およびストアス以外のアスファルトについてもその試験项目的検討を行う予定である。

#### 3. 各国のストレートアスファルト品質試験とその分類

舗装の供用性とアスファルトの性状の関係を論じる前に、まず諸外国のストアスに関する品質試験をピックアップし、それらの整理を行った。ここでは一応先進工業国について我が国を含めて7ヶ国、それに国際標準化機構（International Standard Organization；ISO）についてとりあげている。アメリカについては各州独自の規格があるため、ここではASTM（American Standard for Testing and Materials）規格とAASHTO（American Association of State Highway and Transportation Officials）規格のものに絞った。なお、試験の方法として規定されているが、品質規格としては規定されていない試験についても一部含めてある。各国の品質規格そのものや規格値については他の文献<sup>1)</sup>を参照されたい。これらの試験項目を各々の試験の性格により分類したものが表-1である。以下に各項目について触れる。

##### 1) コンシステンシー

まず針入度、軟化点、60°C粘度をコンシステンシーを表すものとして分類した。ただし一般的にコンシステンシーといった場合、それは針入度であると受けとめられることが多いが、ここではもう少し広い温度範囲、すな

\*いとう まさひで 建設省土木研究所舗装研究室

表-1 諸外国のストレートアスファルト試験の分類

試験の性格	試験項目	日本 J I S	アメリカ A S T M	A A S H T O	B S	I P	D I N	各州(A S T M)	N F - T -	フランス	国際標準化機構 I S O
コシシス テンシー ンシテ	針入度	K 2207	D 5	T 49	4691	49	52010	D 5	66004	DIS 3997	
	軟化点	K 2207	D 36		4692	58	52011		66008		
	60°C絶対粘度		D 2171	T 202				D 2171			
	135°C粘度		D 2170	T 201							
粘性	高温動粘度	K 2207				319		D 2170			
	セイボルトフロール秒	K 2207									
	三塩化エタン可溶分	K 2207				47	5214				
	三塩化エチレン可溶分		D 2042	T 44	4690			D 2042			
純度	四塩化炭素可溶分								66012		
	水 分			T 55				D 95			
	灰 分						52005				
安全性	引火点	K 2207	D 92	T 48	4689	36		D 92	60118	DIS 2592	
	蒸発試験(針入度変化、質量変化)	K 2207	D 6		2000		52016		66011		
	耐熱劣化		K 2207	D 1754	T 179			52017	D 1754		
	薄膜加熱試験		D 2872	T 240							
	回転式薄膜加熱試験										
比重	比重	K 2207	D 70		5093	190	52004		66007	DIS 3838	
相溶性	蒸発試験(針入度比)	K 2207									
コロイドの 安定性	スピットテスト			T 102					A A S H T O T 102		
低温性状	フラーク脆化点	K 2207						52012			
延性	伸度	K 2207	D 113	T 51	4710		52013	D 113	66006		
成形	ペラフィン含有量 カラムクロマトグラフィによる組成分析						52015				
付着性	はく離試験		石油学会法 舗装要綱 石油学会	D 4124							

わち、舗装の供用温度のうちアスファルトが粘性領域にあると考えられる状態での「硬さ」を表す用語として「コンステンシー」という表現を用いている。

針入度は常温でのコンステンシーを、後の2試験については実際の舗装の供用中における最高温度付近におけるそれを示すものと考えられる。60°C粘度試験は主としてアメリカで規格として採用されている試験であり、我が国でもセミブローンアスファルトにはじめて規格として採用されて以来、次第にその意義についての認識が広まりつつある。<sup>2)</sup> 針入度や軟化点試験よりアスファルトのコンステンシーを表す指標として適切ではないかとの声もあるが、過去の規格項目の経緯や試験の手間等を考えると、その規格試験としての一般的な採用についてはさらに今後の検討が必要であろう。

## 2) 粘性

我が国の高温動粘度試験、セイボルトフロール試験、アメリカの135°C粘度はいずれも高温時における粘性を表すものと考えられる。我が国の高温動粘度試験（毛管式）およびセイボルトフロール試験は温度4点（120, 140, 160, 180°C）での測定となっている。この高温の粘度の測定については温度4点では多すぎるという意見もあり、今後検討が必要であろう。

アメリカででの135°C粘度の規定は135°Cという温度が最も混合、舗設に密接であるということから設けられているものである。

## 3) 純度

三塩化エタン可溶分、三塩化エチレン可溶分、四塩化炭素可溶分試験はいずれも有機溶剤に不溶な不純物の程度を量る試験である。諸外国では三塩化エチレンが多く使われているが、我が国では毒性等を考慮して三塩化エタン可溶分試験が規格試験として採用されている。

また水分試験は加熱した際の泡立ちや混合物への影響等を考慮して設けられていると思われる。

なお灰分については前述のような可溶分試験で十分であると思われ、その意義は薄い。

## 4) 安全性

引火点試験の本来の目的は引火に対する安全性である。（47年暫定規格の制定の際には他の意義も認められた。<sup>3)</sup>）本試験は各国で品質規格として規定されているが、我が国では実際はすべてのアスファルトが合格している。また、引火しやすさの程度はアスファルト中の軽質油分の量によるが、これは蒸発試験や薄膜加熱試験といった他の試験により判断できるのではないかという意見もあり、本試験の意義については今後検討の余地があろう。

## 5) 耐熱劣化

蒸発試験（針入度変化率、質量変化率）、薄膜加熱試験、回転式薄膜加熱試験はいずれも舗設混合時の高温における劣化の程度を判断する試験と考えられる。耐熱劣化性は、以前は蒸発試験による評価が中心だったが、現在では薄膜加熱試験によっているところが多い。我が国でも耐熱劣化性は、より条件の厳しい薄膜加熱試験で行うべきだとの判断から、昭和47年の要綱のストアス暫定規格として採用された。<sup>4)5)6)</sup>

また回転式薄膜試験はカリフォルニア州道路局で考案された<sup>4)</sup>もので、回転するガラス容器の中にアスファルトを入れ、常にアスファルトの新しい面が空気に触れるようにしたもので、実際の混合条件により近い試験と言われているが、容器の清掃等が面倒なこと、通常の薄膜試験でも実際の混合・舗設等における劣化状態を十分に示していると考えられていることなどから、その普及は一部にとどまっている。

## 6) 比重

比重試験はアスファルト混合物の理論密度を求めるために規定されている。

## 7) 相溶性

我が国特有の規格である蒸発後の針入度比試験はアスファルト中の軟質分の含有の程度およびその分離の傾向（相溶性）を示すものである。アスファルト中に軟質分が多いと舗装後のコアが崩れてとりにくい、フラッシュしやすいまた貯蔵中の分離の防止等の理由で我が国では50年版要綱から規定された<sup>3)5)</sup>。しかし、本試験についても現在はすべての製品が合格するためその意義に対して疑問の声もある。

## 8) コロイドの安定性

AASHTO 規格に規定されているスポットテストはアスファルト中のコロイドの均一性を見るためのものである。コロイドが均一でないとオイル分が浸み出しやすいとか、耐久性に影響があるなどと言われているが、混合物や供用性との関係は余りはっきりせず、AASHTOでもユーザーより要望のあるときのみ実施する任意試験として規定されている。

## 9) 低温性状

フーラス脆化点試験は低温におけるアスファルトの脆化の程度を示す性質である。この試験法はDINには品質規格として規定されている。しかし、精度が良くないことや供用性との対応が不明との理由から、我が国では試験方法はJISに規定されているものの、ストアスの品質規格としては規定されていない。

## 10) 延性

伸度試験は各国で規定されており、これはアスファルトの伸びやすさを示すものである。しかし、その詳細については、試験温度の違いや薄膜加熱条件の有無など各國によって差異がある。その意義については今一つ不明確という声があるものの、当試験の普及の現状や適切な代替試験法がない等の理由から、本試験はこれからも規格として採用されよう。しかし、試験温度や薄膜加熱条件の有無等については、今後、検討の余地があると思われる。

## 11) 成分

パラフィン分試験と組成分析試験はアスファルトを单一の化合物に分けるものではないものの、化学的な成分を評価する試験として位置づけられる。パラフィン分試験はその多少が供用性に影響を及ぼすと言われたこともあり、DIN, BS 等ヨーロッパの国において品質規格として規定されている。しかし、我が国ではその試験法上の問題、供用性等の関係が不明等の理由から、時折研究的に行われているのみである。また、組成分析はリサイクル等の関係から最近、我が国でも脚光を浴びてきている試験である。しかし、ストアスの規格としては、試験の手間や供用性との関係がやはり不明確であるなどの理由により、そのまま規格として採用するには無理があるう。

## 12) 付着性

はくり試験は骨材との付着性を評価するものである。我が国においては特に必要のある場合について実施する旨、記述してあるものの、この試験は骨材の性質に影響されるため、アスファルトそのものの性質を必ずしも示すものではないといえる。

## 4. 舗装の供用性とアスファルトの性質

### 4-1 舗装の破壊現象とアスファルトの性質

前章ではストアスの品質試験をその性格により分類したが、次に「舗装に要求される性能」という観点から検討すべき試験についてまとめたものを表-2に示す。ここで舗装に要求される性能を、舗装としての機能を維持するためには何が必要かという点から考え、大きく分けて①耐流動、②耐ひびわれ、③耐摩耗、④耐すべり、⑤耐はくりの5つに分類した。この他にたわみ性、平坦性というものについても検討されたが、前者はその性質が適切でない場合には結果として流動およびひび割れという破壊現象として現われてくるし、一方、後者は耐流動性と密接に関連していると思われ、単独の性質としてこ

こでは挙げてはいない。

### 1) 耐流動

舗装が耐流動性に優れているということは混合物が変形しにくいということである。これに関連するアスファルトの性質は粘性、特に供用時の最高温度付近の粘性と考えられる。現行の要綱のストアス規格では、この性質を示すものとして軟化点が規定されているが、前述のとおり60°C粘度についても次第に我が国でも認識が高まりつつあって、今後のストアスの規格を考える上で今後の一つの論点となるものと思われる。

### 2) 耐ひびわれ

舗装のひび割れの原因としてアスファルトの性質に起因するものとしては、アスファルトのたわみ性の不足が考えられる。寒冷地の横断クラックについても舗装体内部に働く応力の方向こそ異なれ、温度応力がたわみ性を上回ると考えれば同様に考えられるし、劣化によるひび割れも、劣化によってたわみ性が欠如したということになろう。

ここではたわみ性を示すものを二つに分け、直接たわみ性を示すもの（低温における粘性）とたわみ性の減少の程度を示すもの（耐久性）として考えている。しかしながら前者についてはこれを直接的に計測することはなかなか困難と思われる。現行では低温における針入度が比較的簡便なものであろう。しかし、これについてはいくつかの検討の事例はあるものの、明確な裏付けはなく、今後の検討が必要である。また耐久性については薄膜加熱試験が適切と考えられる。現行の要綱規格では薄膜加熱後の針入度、質量変化が規定されているが、加熱後の60°C粘度、軟化点、伸度についても検討する余地があると思われる。いずれにせよ薄膜加熱後の性状というものはアスファルトの耐久性を論じる場合に非常に重要なポイントであると考えられ、さらに各方面での研究が期待される。

パラフィン・ワックス含有量はここにあげるには異質な感じがするが、前述のようにひび割れおよび流動性との関連がいわれたことがあり、現在特に切り捨てるだけの強い根拠がないことため、今後それを判断すべきとの意味で含めた。

### 3) 耐摩耗

これはアスファルトの性質と直接結び付けるのは困難である。あえてアスファルトの性質として考えていくなら、チェーンに対するすり減り抵抗性については低温時の骨材把握性としてとらえることができ、スパイクタイヤに対してはアスファルトそのもののすり減り抵抗性と

表-2 鋼装に要求される性能とストレートアスファルトの試験項目

◎舗装の破壊現象を考慮したアスファルトの試験

舗装に要求される性能	評価項目	関連するアスファルトの性質	ストレートアスファルトの性状試験		アスファルト以外の関連要因
			要綱にあるもの	要綱にないもの	
耐流動	変形抵抗性	粘性	軟化点	60°C粘度	粒度
耐ひび割れ	たわみ性(変形に対する追随性)	耐久性, 粘性	薄膜加熱試験(針入度, 質量変化)	針入度(5°C), ペラフィン・ワックス含有量 薄膜加熱試験(60°C粘度, 軟化点, 15°C伸度)	アスファルト量
耐摩耗	すりへり抵抗性	低温における骨材の把握力	—	—	骨材の質
耐すべり	すべり抵抗性	骨材の把握力	—	—	表面形状 骨材の質
耐はくり	水浸におけるはくり	骨材の把握力	静的はくり試験	—	骨材の粒度 アスファルト量

◎施工性を考慮したアスファルト試験

区分	関連するアスファルトの性質	ストレートアスファルトの性状試験		アスファルト以外の関連要因
		要綱にあるもの	要綱にないもの	
ケットル貯藏	耐熱劣化	蒸発試験(針入度比)	—	
混合および舗設	粘耐熱劣化 安全性	高温動粘度 薄膜加熱試験 引火点試験	—	

いうことにならうが、それ以上に骨材の硬軟の影響が強いと思われる。アスファルトの針入度によって多少耐摩耗性が左右されるということはいえるが、やはり骨材や粒度の影響が強いといえる。低温時の骨材把握力については低温におけるタフネス・テナシティ試験のようなものが考えられるもの、実際にそのような試験を行うことは不可能と考えられ、アスファルトの試験としては適切なものは見当らない。

#### 4) 耐すべり

これも前項同様にアスファルトの試験としてはとらえにくい。耐摩耗性以上にアスファルト以外の性質が強く影響するものと考えられる。

#### 5) 耐はくり性

はくりはポットホールや特にアス安定層、基層では結合力の低下による耐荷力の減少という破壊形態となって表われる。特に水が介在する場合にははくり抵抗性が問題であり、現行では静的はくり抵抗試験が考えられる。しかしこの試験はアスファルトそのものの性質よりも骨材の影響が強いということを考えておかねばならない。骨材との結合性についてはミクロ的な観点から界面状態等について検討することも考えられるが、これは非常に難しい問題である。

はくりの問題は、アスファルトの試験そのものよりも水浸ホイルトラッキング試験のような混合物の試験と結びつけて考えて行くべきであろう。

### 4-2 施工性とアスファルトの性質

アスファルトの性質としては、前項の舗装の性能という面から要求されるものが最も重要であるが、一方で施工性というものも考慮されねばならない。ここでは①貯蔵、②混合、舗設という二つの観点からとらえた。

#### 1) 貯蔵

プラントケトルでの貯蔵中、アスファルトの性質は極力変化しないことが望ましい。貯蔵中の高温による劣化については、酸化などによる劣化よりも軟質分の分離の可能性が考えられる。この性質を判断するものとして、蒸発試験（針入度比）を挙げた。

#### 2) 混合、舗設

混合、舗設時の温度、作業性に関連するものとしてアスファルトの粘度が考えられる。また、混合、舗設時に

アスファルトの劣化が最も進むと言われ<sup>4)7)8)</sup>、それを判断するためのものとして薄膜加熱試験が必要であろう。また、現在ではさほど問題とはならないものの、引火に対する安全性を考慮して引火点試験は必要と思われる。

### 5. あとがき

以上品質試験法分科会での検討結果を中心にアスファルトの規格について述べた。冒頭にも記したように、あくまでここで述べたことは既存の文献等に基づいて一つの方向として出した意見であって、その内容に対しては様々な議論があるものと思われる。読者の方々の忌憚のない意見を戴ければ幸いである。最後に本分科会の活動に際して御協力を頂いた関係各位にこの紙面を借りて感謝の意を表する。

### 参考文献

- 1) 井町弘光、「アスファルトの用途と品質」  
アスファルトNo.142 (1985)  
金谷重亮、「舗装用石油アスファルトの規格について」  
舗装 1973年3月 他
- 2) (社)日本アスファルト協会  
重交通道路の舗装用アスファルト  
「セミブローンアスファルト」の開発 (1984)
- 3) 小島逸平、「講座アスファルト舗装」  
舗装 1980年5月
- 4) 近藤 紀、「アスファルトの薄膜蒸発試験」  
アスファルトNo.74 (1970)
- 5) アスファルト小委員会  
「舗装用石油アスファルトの規格改訂(暫定規格)」  
道路 1972年9月
- 6) 舗装委員会  
「舗装に関する技術基準のとり扱いについて」  
道路 1975年8月
- 7) 建設省土木研究所舗装研究室  
「試験道路における試験調査報告書」土木研究所資料 734号
- 8) 高速道路調査会  
「アスファルト舗装追跡調査結果報告書」1976年

☆

☆

☆

☆

☆

## アスファルト舗装技術研究グループ・第22回研究報告

### 「OECDのレポートから(2)」

今回はO E C Dのレポートから輪荷重の破壊作用について報告する。担当は吉村君(前田道路), この欄の執筆は初めてである。なお、今回の吉村君と次回担当の中村君(日本道路公団)は、この春そろって結婚式を迎えるとのこと。独身者にとってこの欄は縁起がいいらしい。

もっとも、諸事多用の時期の執筆は大変であるが……。

さて、4乗則として知られる輪荷重の破壊作用は、A A S H O道路試験によってほぼ確立されたと言ってよい。わが国の構造設計法にも取り入れられていることは周知の事実であるが、A A S H O以後約30年経過した現在、交通の質・量ともに変り、車両の大型化、重量化が顕著になってきている。O E C D レポートは、この軸重問題に関して各国の実情をとりまとめたものであるが、吉村

君にはそれだけでなく、最近の研究も含めて紹介してもらつた。また、今回より、簡単な内容紹介を冒頭に置くことにした。要旨の把握、索引、あるいは読むか飛ばすか(?)の判断材料に御利用いただきたい。

前号で紹介した「舗装管理システム」に関する最近の文献のまとめは、和文350ページほどになり、製本して日本アスファルト協会に保管してある。閲覧自由ということになっているので、興味のある方は協会の事務局に御連絡を……。研究グループでは、現在、この中の重要な論文を詳細に読み始めている。

(阿部頼政)

#### アスファルト舗装技術研究グループ

阿部 頼政 日本大学理工学部土木工学科  
阿部 忠行 東京都土木技術研究所  
荒井 孝雄 日本舗道技術研究所  
安崎 裕 建設省土木研究所舗装研究室  
飯田 章夫 日本道路公団名古屋建設局企画調査課  
池田 拓哉 建設省土木研究所舗装研究室  
井上 武美 日本舗道技術研究所  
井上 正 日灘化学工業技術研究所  
大久保 高秀 首都高速道路公団湾岸線設計課  
太田 健二 日灘化学工業技術課  
大坪 義治 日灘化学工業関東営業所  
亀田 昭一 新東京国際空港公団  
桙野 宏 日本大学理工学部土木工学科  
古財 武久 大成道路技術研究所  
児玉 充生 シュル石油技術研究所  
佐藤 喜久 鹿島道路技術研究所

田井 文夫 日本道路技術研究所  
滝瀬 穂 日本大学理工学部土木工学科  
竹田 敏憲 東京都第二建設事務所  
田中 輝栄 東京都土木技術研究所  
谷口 豊明 大林道路技術研究所  
丹治 和裕 姉パスコ道路調査部  
柄木 博 日本道路公団試験所土工試験室  
中村 州章 日本道路公団試験所舗装試験室  
西沢 典夫 大成道路技術研究所  
野々田 充 日本道路技術研究所  
野村 健一郎 大成道路技術研究所  
野村 敏明 日灘化学工業北海道営業所  
八谷 好高 運輸省港湾技術研究所滑走路研究室  
羽山 高義 日本舗道工事開発部  
姫野 賢治 東京工業大学工学部土木工学科  
吉村 啓之 前田道路技術研究所

# 大型貨物自動車のインパクト

～O E C D レポートより～

吉 村 啓 之 \*

## 概 要

本文はO E C D レポートの「大型貨物自動車のインパクト」を紹介するとともに、大型車が舗装の破壊に与える影響を扱った最近の研究成果をとりまとめたものである。内容は各国の大型車の重量化の実態について触れ、舗装の破壊に影響する要因として軸重、車輪のタイプ、軸配置などを取りあげている。また、大型車の重量化とともになう舗装の維持修繕費の増大および荷重制限値の変更にともなう影響についても言及している。

### 1. はじめに

近年、大型貨物自動車の走行は世界各国で顕著になっており、道路による貨物輸送量は増加の一途をたどっている。それにともなう車両の重量化は舗装の破壊を著しく助長し、舗装の維持修繕費の急増をもたらす原因となっている。この問題に注目したOECD Road Research グループは、大型貨物自動車が各分野に与える影響の大きさをとりまとめ、1982年12月に“Impacts of Heavy Freight Vehicles<sup>1)</sup>”（以下、O E C D レポートと呼ぶ）を発刊した。

本報告は大型貨物自動車が舗装に及ぼす影響について、O E C D レポートの内容を中心に紹介するとともに、最近10年間に発表された各種文献の研究成果をふまえ、著者なりに再構成してとりまとめたものである。

### 2. O E C D レポートの内容

1977年にパリで開催された“Heavy Freight Vehicles and their Effects” のRoad Research シンポジウム<sup>2)</sup>は、O E C D 諸国での大型貨物自動車の問題点を取りあげ、道路の安全性、交通流、舗装および橋梁への影響、環境問題、エネルギー問題、車両に関するコストなどを技術的にかつ経済的に評価する必要があることを指摘した。それを受け、OECD Road Research グループは大型貨物自動車に関する各國の最近の研究成果を収集して整理を行い、O E C D レポートとしてまとめあげている。

このレポートは12章からなっており、各章の内容は次

のとおりである。

#### 第1章 概要

第2章 政策および科学技術一経済的な研究方法

第3章 大型貨物自動車の規模および役割……定義、法令、輸送形態、道路輸送の統計資料、最近の傾向

第4章 道路交通流への影響……交通能力、走行速度、登坂車線の利用、渋滞

第5章 道路の安全性への影響……事故の実態、要因分析、対策

第6章 舗装への影響……舗装の設計および維持修繕の方法、車両特性値の影響、車両軸配置の影響、実物大試験舗装の研究

第7章 道路橋への影響……設計方法、評価、車両重量の影響

第8章 環境への影響……騒音、振動、大気汚染、社会・心理学的問題

第9章 車両操作およびエネルギー問題……操作方法、生産性、過積載の問題、燃費

第10章 費用への影響……車両操作費用、内部構造費用（Infrastructure cost）、社会的費用

第11章 最近の研究……西ドイツ、アメリカ、オーストラリア、イギリスの研究

第12章 結論およびまとめ

### 3. 大型貨物自動車の定義

わが国では道路を通行する車両は法令によって、車両総重量20 t 以下、軸重10 t 以下および輪荷重5 t 以下と定められている。また、車両はナンバープレートの頭数

\* よしむら ひろゆき 前田道路技術研究所

字によって10車種に区分され、頭数字が1（普通貨物自動車）、2（乗合自動車）、8（特殊自動車）、9および0（大型特殊自動車）の車両を大型車として定義されている。

OECDレポートの「大型貨物自動車（Heavy Freight Vehicle）」は「積載能力が1.5t以上で、総重量が3.5t以上の車両」として定義されている。また、図-1はOECDレポートで取り扱う大型貨物自動車および車両の種類を示したものである。

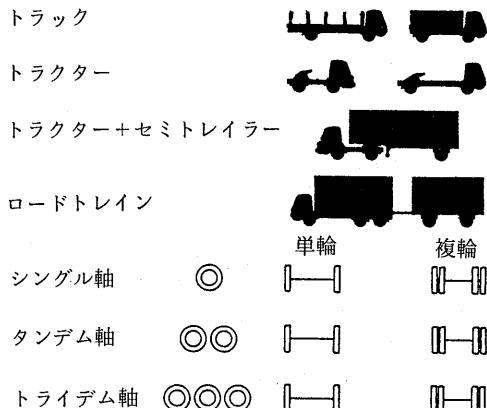


図-1 大型貨物自動車および車軸の種類<sup>1)</sup>

#### 4. 各国の実態

表-1は各国の車両寸法、軸重および総重量の制限値（最大値）をまとめたものである。日本ではシングル軸重の制限値しか設けられていないが、世界各国ではタンデム軸重の制限値をシングル軸重の約1.6倍にしている国が多いようである。なお、車両寸法の制限値（幅、高さおよび長さ）は各国ともほとんど同一の値をとっている。

表-2、3は各国の車両登録台数、貨物輸送の割合を示したものである。道路輸送はオランダおよびアメリカを除けば、全体の75~90%のシェアを占め、道路輸送が担っている役割の大きさがうかがえる。

#### 5. 過積載の問題

各国の道路輸送業界は輸送効率を上げるため、大型の貨物自動車を用い、貨物を最大限まで積載して輸送を行なっている。それにともなう車軸の重量化は舗装の破壊を著しく助長するため、各国では車両の荷重制限値を設定し、大型貨物自動車の過積載を法令によって防ごうとしている。

OECDレポートでは、各国で測定した車両重量の調査結果を報告している。表-4は車両の荷重制限値を超えた過積載車の混入率を車種別にまとめたものである。表から、過積載車の混入率はトラックよりもトレーラの方が高い傾向が認められる。また、その中でイタリアの研究は、車両の軸数が多いほど過積載車の割合が高くな

表-1 各国の車両の制限値<sup>1)</sup>

国名	幅 (m)	高さ (m)	長さ(m)			軸重(t)		総重量(t)						
			トラック	トラクター+セミトレーラー	2輪車軸(3輪)+セミトレーラー	シングル軸		タンデム軸	トラック		トラクター+セミトレーラー		トラクター+フルトレーラー	
						単輪	複輪		2輪	3輪	3輪	4輪	5輪	
オーストラリア	4.3	2.5	11.0	17.0	17.0	5.4	8.5	15.0~16.5	14	22			38	38
オーストリア	4.0	2.5	12.0	16.0	18.0	10		16	16	22	38	38	38	38
ベルギー	4.0	2.5	11.0	15.5	18.0	13		20	19	26	38	38	38	40
デンマーク	4.0	2.5	12.0	15.5	18.0	10		16	18	24	28	38	44	44
フランス		2.5	11.0	15.5	18.0	13		21	19	26	38	38	38	38
西ドイツ	4.0	2.5	12.0	15.0	18.0	10		16	16	22	26	32	38	38
ギリシャ	4.0	2.5	12.0	15.0	18.0	13		20	19	26	29	38	38	38
イタリア	4.0	2.5	12.0	15.5	18.0	12		19	18	24	30	40	44	44
日本	3.8	2.5	15.5			10	20	20					軸距による	
オランダ	4.0	2.5	11.0	15.5	18.0	10		18	20	30	50	50	50	50
スペイン	4.0	2.5	(11.0) (12.0)	16.5	16.5	13		21			33	38	38	38
スウェーデン		2.6		24.0	24.0	10		16						51.4
イスラエル	4.0	2.3		16.0	18.0	10		18	16	25	26	28	28	28
イギリス		2.5	11.0	15.0	18.0	10.16	20.32	16.26	24.38	24.38	32.5	32.5	32.5	32.5
アメリカ*	4.1	2.4	10.7~18.3	16.8~25.9	16.8~25.9	4.5~5.4	8.2~10.9	14.5~19.9	13.6~19.9	14.5~20.9	21.8~23.6	28.1~29.9	33.2~67.1	33.2~55.1

\*州ごとに異なる。

っていることを指摘している。(表-5)

## 6. 舗装への影響

ここでは大型貨物自動車が舗装の破壊に与える影響について、OECDレポートの第6章の内容を中心に紹介していく。

### 6-1 舗装構造の比較

OECDレポートでは、新設舗装およびオーバーレイ

の舗装厚と軸重制限値の関係を調べるために、設計条件を同一にしてOECD諸国の設計法の比較を行なっている。

#### (1) 新設舗装

設計条件は路床の設計CBRを10とし、大型車交通量を50, 250, 1250台/日・車線の3種類としている。図-2は各國の新設舗装の標準断面を軸重および交通量別に示したものである。OECDレポートでは、次のように

表-2 各国の中の登録台数<sup>1)</sup>

(単位:千台)

国名	乗用車	バス	トラック <sup>*1</sup>	トラック(積載能力1500kg以上)	セミトレーラー	トレーラー
オーストラリア(1979)	5,657	37	421		43	
オーストリア(1979)	2,139	9	172	77	152 <sup>*2</sup>	
ベルギー(1979)	3,077	17	209 <sup>*3</sup>	108	27	19
デンマーク(1979)	1,423	7	259	72	9	107
フランス(1978)	17,400	41	2,332	570	124	51
西ドイツ(1979)	22,535	68	1,236	678	61	241
ギリシャ(1979)	839	16	351			
イタリア(1978)	16,240	52	1,411			
日本(1979)	22,667	229	13,335			(48 <sup>*4</sup> )
オランダ(1978)	4,100	10	288	113	34	37
スペイン(1979)	7,058	42	1,216	520	31	14
スウェーデン(1979)	2,868	13	174	80	5	228
スイス(1979)	2,154	11	161	68		54
イギリス(1979)	14,926	113	1,827			
アメリカ(1979)	120,248	521	24,348			

\* 1 「トラック」として登録した車両

\* 2 セミトレーラー+トレーラー

\* 3 トラクターを除く

\* 4 運輸省陸運統計による

表-3 各国の中の貨物輸送の割合<sup>1)</sup>

(単位: %)

国名	輸送量(t)			
	鉄道	道路	船	パイプライン
オーストラリア(1976)	22.2	76.0	—	1.8
ベルギー(1979)	5.4	84.7	6.2	3.7
フランス(1978)	12.6	76.4	5.2	5.8
西ドイツ(1979)	10.3	79.3	7.5	2.9
イタリア(1978)	3.0	91.0	—	6.0
日本(1979)	3.1	88.2	8.6	—
オランダ(1976)	2.7	51.2	39.6	6.4
スペイン(1979)	—	—	—	—
スウェーデン(1979)	12.8	87.2	—	—
スイス(1979)	13.1	78.6	4.2	4.0
イギリス(1976)	9.8	84.5	0.3	2.9
アメリカ(1976)	28.0	37.4	12.4	17.7

表-4 各国の中の過積載車の割合

(単位: %)

国名	トラック		トラクタ + セミトレーラ	
	2軸	3~4軸		
イタリア	1979	4.5	15.2	32.5
フランス	1978	4.1	0.2	16.3
アメリカ	1979	15		15.5
西ドイツ	1977			40
オーストラリア	1974~75			9~10
イギリス	1980			12.3

(注) OECDレポートのデータから作成

表-5 過積載車の割合

(OECDレポート、イタリアのデータ)

車軸の種類	シングル	タンデム	トライデム
最大軸重(t)	12	19	25
過積載車の割合(%)	16	23	40
最大軸重を6t超えた過積載車の割合(%)	1	3	22

なことを指摘している。

- ① 日本とデンマークの舗装厚は他の10t軸重の国  
の舗装厚に比べてうすい。(日本とデンマークは設計寿命が10年、他の国は設計寿命が20年)
- ② イギリスはアスコン層が比較的厚い。その分だけ路盤の厚さを減らしている。
- ③ 軸重が異なっていても、アスコン層の厚さには大きな差がみられない。(大型車交通量が1250台/日・車線で20~25cm、250台/日・車線で15~20cm)

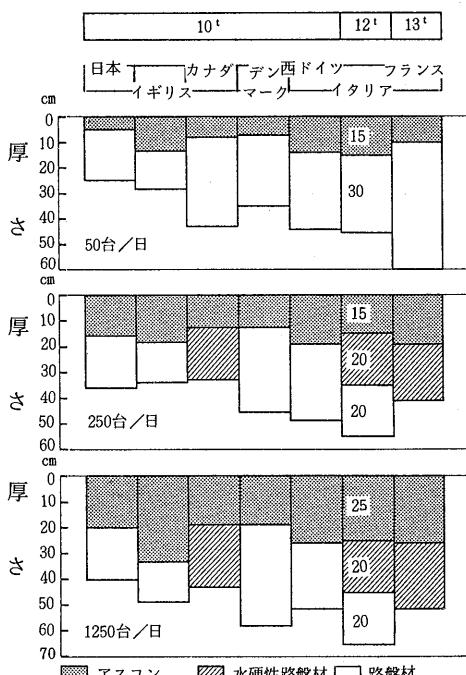


図-2 OECD諸国の新設舗装の比較<sup>1)</sup>(設計CBR=10%)

## (2) オーバーレイ

設計条件は、

- 1) 交通量が 50台/日・車線で、たわみ量が 2mm
  - 2) 交通量が1250台/日・車線で、たわみ量が 1mm
- の場合を設定している。表-6は各國のオーバーレイの舗装厚を軸重および交通量別に示したものである。

OECDレポートは新設舗装およびオーバーレイの舗装厚と軸重制限値の間には相関性がないと述べている。しかし、表-6をみると13t軸重のオーバーレイ舗装厚は10t軸重の舗装厚よりも厚い傾向が認められる。

### 6-2 車両のパラメータの影響

OECDレポートは舗装の破壊に影響を与える車両のパラメータとして、次のようなものをあげている。

- ① 軸重

表-6 オーバーレイの厚さ<sup>1)</sup>  
(単位:cm)

条件	10t		13t		
	カナダ	日本	西ドイツ	ベルギー	フランス
50台/日・車線 たわみ量: 2mm	6 (BC)	6 (BC)	5 (BC)	12 (BC)	15 (BG)*
1250台/日・車線 たわみ量: 1mm	10 (BC)	10 (BC)	10 (BC)	18 (BC)	12 (BG)*

BC: アスコン

BG: 砂利・アスコン

\*: サーフェイスドレッシングを施工

## ② 車輪のタイプ

## ③ 軸配置(axle configuration), 軸距

## ④ 接地圧

## ⑤ サスペンション

以下、上記のパラメータの順に紹介していく。

### (1) 軸重

#### 1) AASHO 道路試験の成果

AASHO 道路試験の成果のうち最も広く確立されたもの一つに、軸重換算係数(equivalence factor)があげられる。ある軸重に対する軸重換算係数は、次の破壊則(4乗則)によって定義される。

$$EF_x = \left( \frac{W_x}{W_{ref}} \right)^4 \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 $EF_x$ : 軸重換算係数

$W_x$ : 任意の軸重

$W_{ref}$ : 標準軸重

図-3はSN(構造指数)が2, 4, 6のときのシングル軸およびタンデム軸のAASHO軸重換算係数<sup>3)</sup>をプロットしたものである。図から、軸重換算係数はSNの変化に対してあまり変動しないことが認められる。

AASHOの軸重換算係数は現在でも広く用いられて

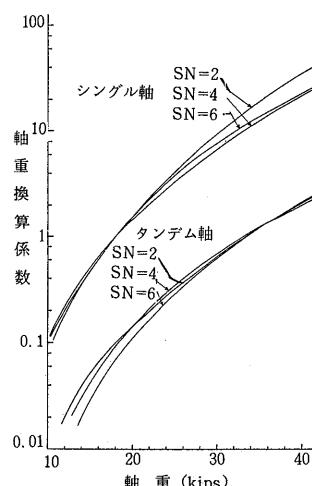


図-3 AASHO 軸重換算係数(アスファルト舗装)pt = 2.5

おり、アメリカの交通運輸研究委員会(Transportation Research Board Committee)が行なったアンケート調査<sup>4)</sup>によれば、アメリカ50州のうち43州(解答数45州)で採用されている。また、理論的な設計方法で有名なシエルの設計法<sup>5)</sup>においても、交通量の換算に4乗則を取り入れられている。

#### ロ) 軸重換算係数に関する問題点

AASHO道路試験の軸重換算係数は特定の舗装構造、舗装材料、交通量および環境条件によって得られたものである。したがって、軸重換算係数は万能ではなく、適用に制限があると考えられる。Lister<sup>6)</sup>、Luhrら<sup>7)</sup>は舗装構造および交通量によって軸重換算係数が大きく変動することを報告している。

Lister<sup>6)</sup>はAASHO道路試験とは異なる舗装構造および交通量を設定し、舗装が破壊するまでのPSIの低下を輪荷重の通過回数と結び付け、破壊則の指數を求めている。(表-7) Listerは、4乗則が舗装厚の厚い舗装に対してのみ適用でき、舗装厚がうすいほどまたは輪荷重が大きいほど指數が高い(4以上)と述べている。

Luhrら<sup>7)</sup>はAASHO道路試験のデータを用いて、多層弾性プログラム(ELSYM 5)で路床上面の垂直圧縮ひずみを計算し、破壊時のPSIと軸重載荷回数との重回帰式を求めている。図-4は設定した2種類の舗装構造における軸重換算係数をプロットしたものである。図から、AASHOの軸重換算係数がSNの変化に対してわずかしか変動しないのに対し、ひずみから求めた軸重換算係数は舗装構造のちがいによってかなり変動することがわかる。この理由として、Luhrらは舗装材料の応力特性(例えば拘束圧の増加、偏差応力の減少など)によって左右されるためであると述べている。

また、第17回PIARCの第5議題のナショナル・レポート<sup>8)</sup>は、過積載車の増加が問題になっている開発途上国でAASHOの軸重換算係数をそのまま適用することに疑問を投げかけており、破壊則の指數を4.55にすべき

表-7 破壊則の指數<sup>6)</sup>

舗装構造	交通量	輪荷重(KN)		
		20	40	65
強	中	3.8	3.9	5.0
	重	3.8	3.5	4.3
中	軽	3.1	4.0	8.3
	中	2.8	3.1	5.4
弱	重	2.3	2.6	5.1
	軽	2.5	6.0	6.7
	中	1.2	5.7	8.1
	重	—	5.4	7.4
				11.6
				7.6

であると述べている。

#### (2) 車輪のタイプ

AASHO道路試験に用いた荷重車(試験車)は前軸を除けば、すべて複輪のシングル軸およびタンデム軸からなっている。ここでは、単輪のシングル軸と複輪のシングル軸が舗装に与える影響について検討する。

OECDレポートでは、複輪のシングル軸を基準とし、単輪、複輪およびワイドベース輪(wide-base tyre)のシングル軸の軸重換算係数を計算したイタリアの研究結果を紹介している。表-8から、AASHOの4乗則は複輪のシングル軸にだけ適用され、単輪およびワイドベース輪のシングル軸には適用できないことがわかる。

表-8 AASHO軸重換算係数と計算値の比較<sup>1)</sup>

軸重 t (KN)	シングル軸 (複輪)		シングル軸(単輪)		
	ノーマル		ワイドベース		EFx*
	計算値	EFx*	計算値	EFx*	
5.1 (50)	—	—	0.07	0.03	—
6.1 (60)	—	—	0.16	0.06	—
7.1 (70)	—	—	0.33	0.11	0.19
8.2 (80)	0.20	0.19	—	—	0.33
9.2 (90)	0.29	0.31	—	—	0.55
10.2 (100)	0.49	0.48	—	—	0.86
11.2 (110)	0.71	0.70	—	—	1.30
12.2 (120)	1.00	1.00	—	—	—
13.3 (130)	1.47	1.37	—	—	—

$$* EFx = \left( \frac{Wx}{W_{120}} \right)^4$$

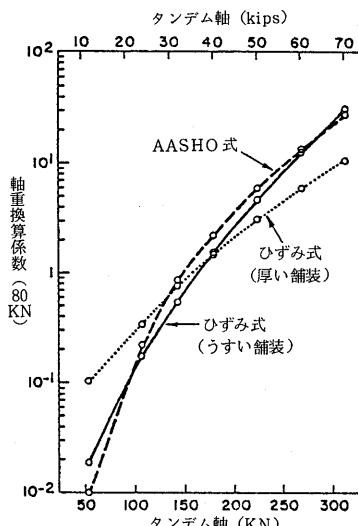


図-4 AASHO軸重換算係数とひずみから求めた軸重換算係数の比較<sup>7)</sup>

単輪と複輪のシングル軸の軸重換算係数を理論的に求めたものに、Deacon<sup>9)</sup>、Hallin ら<sup>10)</sup>の研究がある。

Deacon<sup>9)</sup>は弾性理論を用いてアスコン層下面に生じる水平引張ひずみを計算し、(2)式に示す疲労破壊に基づく軸重換算係数を求めている。

$$F_i = \left( \frac{e_i}{e_b} \right)^C \quad \dots \dots (2)$$

ここに、 $F_i$ ：軸重換算係数

$e_i$ ：任意軸重によって生じる最大引張ひずみ

$e_b$ ：標準軸重によって生じる最大引張ひずみ

C：係数、通常は 5.5

計算の結果、単輪のシングル軸が複輪のシングル軸に比べて約 3 倍の破壊作用をもつことが明らかになった。

Hallin ら<sup>10)</sup>は表層（アスコン）、碎石路盤および路床の三層構造を考え、弾性プログラム（PSAD 2 A）を用い、Deacon と同じようにアスコン層下面の水平引張ひずみを計算して軸重換算係数を求めている。破壊モデルは(3)式に示す Finn らの式<sup>11)</sup>を用いている。

$$\log N_f = 15.947 - 3.219 \log (\epsilon / 10^{-6}) - 0.854 (E^* / 10^3) \quad \dots \dots (3)$$

ここに、 $N_f$ ：破壊時までの載荷回数

$\epsilon$ ：アスコン層下面の最大引張ひずみ

$E^*$ ：レジリアント・モデュラス (psi)

表-9 は  $S_N = 4$  のときの単輪のシングル軸に対する複輪のシングル軸の軸重換算係数を複輪間隔別に求めたものである。表から、複輪間隔が 12~14 in (30.5~35.6 cm) で、軸重が 18 kip (8.2 t) の軸重換算係数を読み取

れば 1.8~2.3 という値が得られ、単輪のシングル軸は複輪のシングル軸に比べて約 2 倍の破壊を与えるといえる。

これに対し、現場試験の調査結果を基にして軸重換算係数を求めた研究も行なわれている。Christison ら<sup>12)</sup>はカナダのアルバータ州に設けられたフルデプス舗装の試験舗装区間で表面たわみおよびアスコン層下面の水平引張ひずみを実測し、交通荷重の影響を解析している。その結果、Christison らは単輪のシングル軸の軸重換算係数が複輪のシングル軸に比べて 7~10 倍になると述べている。解析結果を図-5 に示す。

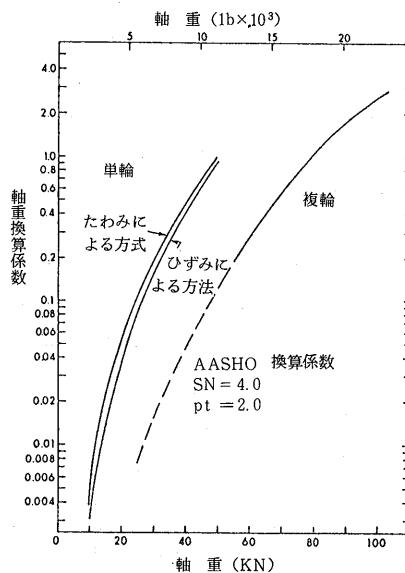


図-5 シングル軸の軸重換算係数<sup>12)</sup>

表-9 シングル軸(単輪)に対するシングル軸(複輪)<sup>10)</sup>の軸重換算係数

軸重 (kips)	複 輪 の 間 隔				
	10in	12in	14in	16in	18in
10	0.6309	0.4790	0.3731	0.2969	0.24050
12	1.0286	0.7809	0.6082	0.4840	0.39210
14	1.5549	1.1805	0.9195	0.7317	0.59277
16	2.2243	1.6887	1.3153	1.0466	0.84793
18	3.0502	2.3157	1.8038	1.4353	1.16279
20	4.0458	3.0715	2.3925	1.9038	1.54232
22	5.2237	3.9658	3.0891	2.4580	1.99136
24	6.5962	5.0077	3.9007	3.1038	2.51455
26	8.1750	6.2064	4.8343	3.8468	3.11643
28	9.9718	7.5705	5.8969	4.6923	3.80141
30	11.9979	9.1087	7.0951	5.6457	4.57379
32	14.2643	10.8293	8.4353	6.7121	5.43778
34	16.7818	12.7406	9.9241	7.8968	6.39749
36	19.5610	14.8505	11.5675	9.2045	7.45695
38	22.6123	17.1670	13.3719	10.6403	8.62014
40	25.9458	19.6978	15.3432	12.2089	9.89093

(SN= 4)

最後にアメリカの連邦交通省道路局 (FHWA) の興味ある研究を紹介する。Carmichael<sup>13)</sup>は AASHO 道路試験のデータを解析して単輪の軸重換算係数を導いている。この試みは現在の AASHO の軸重換算係数が前軸（単輪のシングル軸）と後軸（複輪）の載荷による破壊を受けて得られたと考え、単輪と複輪による破壊を分離することによって単輪のシングル軸の軸重換算係数を決定しようとするものである。計算結果は表-10 に示すとおりである。データ数は少ないが、単輪のシングル軸（前軸）の軸重換算係数は複輪のシングル軸の軸重換算係数の 2~3 倍であるといえよう。

### (3) 軸配置

#### イ) シングル軸, タンデム軸およびトライデム軸

ここではシングル軸, タンデム軸およびトライデム軸の軸重換算係数を扱った文献を理論によるものと, 現場試験によるものに分けて紹介する。

#### (a) 理論によるもの

タンデム軸の軸重換算係数を理論的に求めたものとして, Deacon<sup>9)</sup>, Uzan ら<sup>14)</sup>の研究がある。Deacon<sup>9)</sup>はすでに述べたようにアスコン層下面の水平引張ひずみを計算し, タンデム軸の軸重換算係数を求めている。理論値は図-6に示すように AI<sup>15)</sup>(米国アスファルト協会)の直線と重なり, AASHO の直線とも近似していることで整合性を確認している。なお, AI は MS-1 の第8版<sup>15)</sup>まで AASHO とは異なる軸重換算係数を用いていたが, 第9版<sup>16)</sup>の改訂時に AASHO の軸重換算係数( $P_t = 2.5$ ,  $SN = 5$ )を採用するに至っている。Deacon はシングル軸重とシングル軸重の 1.75 倍に相当するタンデム軸重が同じ破壊作用をもつことを述べている。

一方, Uzan ら<sup>14)</sup>は二層弾性理論を用い, 路床上面のせん断応力を破壊基準として軸重換算係数を求める提案している。理論の整合性は AASHO 道路試験の舗装断面で計算を行ない, シングル軸重と同じ破壊作用

をもつタンデム軸重の比が 1.80~1.90 であることによつて確認している。(AASHO では  $SN = 2 \sim 6$  のとき, 1.83~1.87)

#### (b) 現場試験によるもの

現場試験の結果を基にしたタンデム軸の軸重換算係数

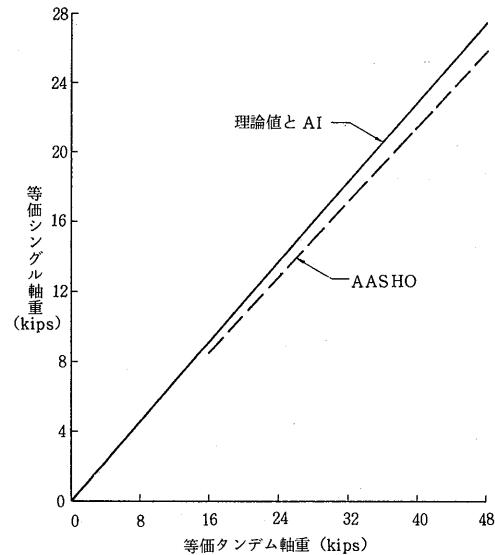


図-6 シングル軸とタンデム軸の等価軸重<sup>9)</sup>

表-10 前軸の影響を含めた場合と含めない場合の軸重換算係数の比較<sup>13)</sup>

(アスファルト舗装,  $SN = 4$ ,  $pt = 2.0$ )

軸重 (kips)	シングル軸		タンデム軸		前軸
	予測値 (前軸の影響 を含めない)	AASHO (前軸の影響 を含める)	予測値 (前軸の影響 を含めない)	AASHO (前軸の影響 を含める)	
2	.00009	.002	--	--	--
4	.002	.002	--	--	.009
6	.009	.01	--	--	.05
8	.08	.08	.006	.01	.25 <sup>a)</sup>
10	.08	.08	.006	.01	--
12	.18	.18	.01	.01	.46
14	.34	.35	.02	.03	--
16	.61	.61	.04	.05	--
18	1.00	1.00	.07	.08	--
20	1.56	1.55	.11	.12	--
22	2.34	2.31	.16	.17	--
24	3.39	3.33	.23	.25	--
26	4.77	4.68	.33	.35	--
28	6.53	6.42	.45	.48	--
30	8.75	8.65	.61	.64	--
32	11.51	11.46	.80	.84	--
34	14.89	14.97	1.03	1.08	--
36	18.98	19.28	1.32	1.38	--
38	23.87	24.55	1.66	1.72	--
40	29.68	30.92	2.06	2.13	--
42	--	--	2.53	2.62	--
44	--	--	3.09	3.18	--
46	--	--	3.73	3.83	--
48	--	--	4.47	4.58	--

a) 9-kip の前軸に対する軸重換算係数

は Christison ら<sup>12)</sup>が、またトライデム軸の軸重換算係数は Wang ら<sup>17)</sup>が求めている。Christison ら<sup>12)</sup>はすでに述べた手法を用いて、シングル軸重と同じ破壊作用をもつタンデム軸重の比が1.67であるという結果を得ている。また、Christison らは舗装の破壊基準として表面たわみとアスコン層下面の水平引張ひずみを用いているが、両者から求めた軸重換算係数に差が見い出せないことを述べている。

Wang ら<sup>17)</sup>はトライデム軸の軸重換算係数を決定するために、ペンシルバニア州の試験舗装区間で軸重338-KNの三軸車を55000回走行させ、PSIの低下割合から2.60という値を算出している。Wang らは路床上面の垂直圧縮ひずみを多層弾性プログラム（BISAR）を用いて計算し、シングル軸、タンデム軸およびトライデム軸の垂直圧縮ひずみと軸重換算係数を両対数グラフにプロットしたところ、図-7に示す直線関係が得られ、しかも三種類の直線がほぼ平行になっていることによって、トライデム軸の軸重換算係数の予測値の整合性を確認している。

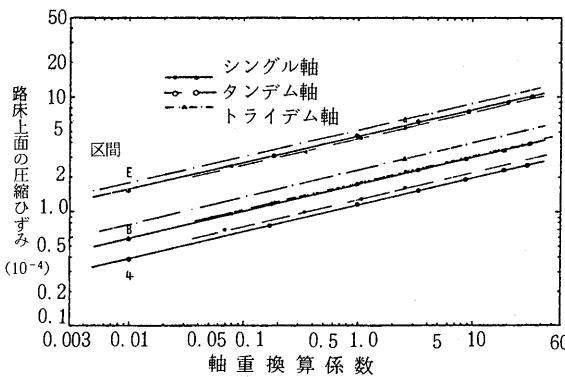


図-7 路床上面の圧縮ひずみと軸重換算係数<sup>17)</sup>

### (c) シングル軸、タンデム軸およびトライデム軸のまとめ

O E C D レポートでは、各国のシングル軸に対するタンデム軸およびトライデム軸の軸重換算係数を求めている。表-11は複輪のシングル軸重に対するタンデム軸重およびトライデム軸重（同じ破壊作用を示す）の比を示したものである。平均値を求めるとき、タンデム軸の比は1.6、トライデム軸の比は2.3となる。

これまで述べてきたデータに文献調査の結果得られたデータを追加して、複輪のシングル軸に対するタンデム軸およびトライデム軸の軸重換算係数をまとめたものを表-12に示す。

### ロ) 3軸～6軸

3軸以上の軸重換算係数の研究は Treybig<sup>21)</sup>、Southgate ら<sup>22)</sup>によって行なわれている。Treybig は予測式を、Southgate らは重回帰式を作成している。

Treybig<sup>21)</sup>はアスコン層下面の水平引張ひずみおよび路床上面の垂直圧縮ひずみを多層弾性プログラム（E LSYM 5）で計算し、複数の荷重条件に対する軸重換算係数を求める予測式を導いている。

$$F(x_n) = [\epsilon_1(x_n)/\epsilon(18_s)]^B + \sum_{i=1}^n \{[\epsilon_{i+1}(x_n)] - [\epsilon_{i-1}(x_n)]/\epsilon(18_s)\}^B \quad \dots \dots \dots (4)$$

$$B = \log F(x_s) / \log [\epsilon(x_s)/\epsilon(18_s)] \quad \dots \dots \dots (4a)$$

ここに、 $F_i(x_n)$ ：荷重  $x$  の  $n$  軸の予想軸重換算係数

$\epsilon(18_s)$ ：シングル軸重 18-kip (80KN)

以下のアスコン層下面の最大引張ひずみまたは路床上面の最大圧縮ひずみ (in/in)

$\epsilon_1(x_n)$ ：荷重  $x$  の  $n$  軸下のアスコン層下面の最大引張ひずみまたは路床上面の最大圧縮ひずみ (in/in)

$\epsilon_{i+1}(x_n)$ ：荷重  $x$  の  $n$  軸の ( $i+1$ ) 軸下のアスコン層下面の最大引張ひずみまたは路床上面の最大圧縮ひずみ

表-11 各国の軸重換算係数<sup>1)</sup>

	タンデム軸	トライデム軸
オーストラリア	1.9	2.1
ベルギー	1.5	—
カナダ	1.7	—
西ドイツ	1.6	2.2
デンマーク	1.6	2.4
フランス	1.6	2.5
ギリシャ	1.5	2.3
イタリア	1.6	2.6
オランダ	1.8	—
アメリカ	1.7	2.1
AASHTO	1.6	—

表-12 タンデム軸およびトライデム軸の軸重換算係数

	タンデム軸	トライデム軸
O E C D (各国) <sup>1)</sup>	1.5～1.9	2.1～2.6
Deacon <sup>9)</sup>	1.75	—
Christison ら <sup>12)</sup>	1.67	—
Uzan ら <sup>14)</sup>	1.80～1.90	—
Wang ら <sup>17)</sup>	—	2.60
Southgate ら <sup>18)</sup>	1.89	—
PIARC ソ連 <sup>19)</sup>	1.58～1.91*	—
PIARC オーストラリア <sup>20)</sup>	1.66	2.26

\* 軸距による

$\epsilon_{i-i+1}(x_n)$ : 荷重  $x$  の  $n$  軸の  $i$  軸と  $(i+1)$  軸の間でのアスコン層下面の引張ひずみまたは路床上面の圧縮ひずみ (in/in)

$F(x_s)$ : シングル軸重  $x$ -kip に対する AASHTO の軸重換算係数

$\epsilon(x_s)$ : シングル軸重  $x$ -kip に対するアスコン層下面の引張ひずみまたは路床上面の圧縮ひずみ (in/in)

予測式の整合性はシングル軸およびタンデム軸の軸重換算係数を求めてみた結果、図-8 に示すように AASHTO の軸重換算係数とほぼ一致することで確認している。また、Treybig は路床上面の圧縮ひずみによる予測の方がアスコン層下面の引張ひずみによる予測よりも精度がよいと述べている。

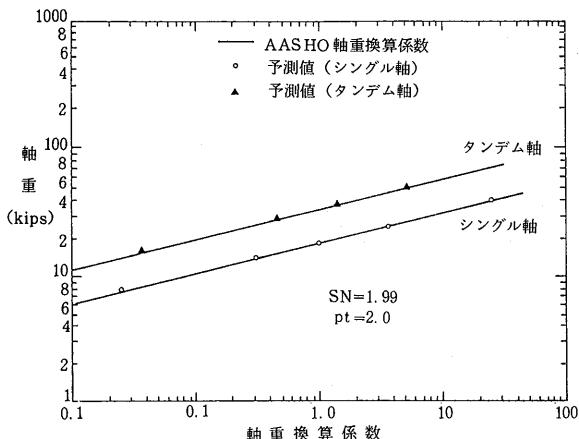


図-8 路床上面の圧縮ひずみによる軸重換算係数<sup>21)</sup>

表-13 軸重換算係数を計算するための回帰係数<sup>22)</sup>

軸配置	回帰係数*		
	a	b	c
シングル軸(単輪)	-3.540112	2.728860	0.289133
シングル軸(複輪)	-3.439501	0.423747	1.846657
タンデム軸	-2.979479	-1.265144	2.007989
トライデム軸	-2.740987	-1.973428	1.964442
4 軸	-2.589482	-2.224981	1.923512
5 軸	-2.264324	-2.666882	1.937472
6 軸	-2.084883	-2.900445	1.913994

$$* \log(DF) = a + b(\log L) + c(\log L)^2$$

ここに、DF : 軸重換算係数  
L : 軸重 (Kips)

Southgate ら<sup>22)</sup>は Chevron NL プログラムを用い、重ね合わせの原理でひずみエネルギーを計算し、種々の軸配置に対する軸重換算係数を求め、表-13に示す重回帰式を得ている。図-9 はこの重回帰式を用い、軸重を変えたときの軸重換算係数をグラフにしたものである。複輪のシングル軸重 (80KN) に対する等価軸重を求めたものが表-14である。表から、等価全軸重は軸数が多くなるにつれて重くなるが、各軸にかかる軸重はシングル軸を除けばほぼ一定 (83KN) であることがわかる。

#### (4) 軸距

タンデム軸の軸距 (後前軸と後後軸の距離) の影響を扱った文献は、Deacon<sup>9)</sup>, PIARC<sup>19)</sup> のものがある。軸重換算係数は軸距が長いほど大きくなる傾向がある。

#### (5) 接地圧

接地圧は車輪にかかる荷重が大きいほど高くなる。OEC D レポートでは舗装の破壊に影響を与える要因とし

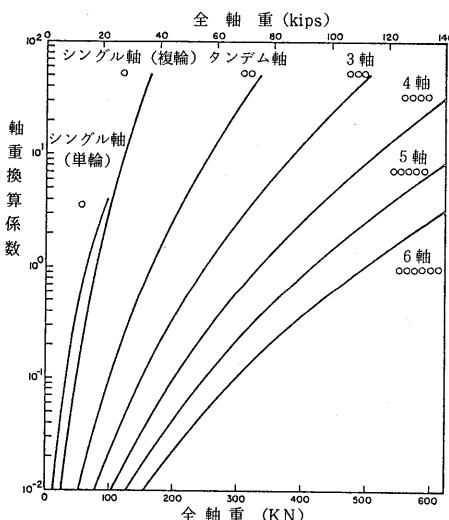


図-9 軸重と軸重換算係数<sup>22)</sup>

表-14 シングル軸 (80KN) に対する等価軸重

軸数	車輪の数*	等価軸重 (KN)	
		軸全体	各軸
1	2	63.6	63.6
1	4	80.0	80.0
2	8	166.4	83.2
3	12	250.0	83.3
4	16	333.6	83.4
5	20	415.0	83.0
6	24	496.4	82.7

\* 後軸の車輪数

て取りあげている。しかし、Southgate ら<sup>23)</sup>は接地圧を60~100 psi (4.2~7.0 kg/cm<sup>2</sup>)まで変化させても、舗装体に生じるたわみおよびひずみにはほとんど影響しないことを指摘している。

#### (6) サスペンション

O E C D レポートは車両のサスペンションが「動的荷重」として舗装に影響を及ぼし、路面の凹凸、走行速度などによって異なることを述べている。今後の研究成果が期待される要因である。

#### 6-3 車両のパラメータが舗装の破壊に与える影響の比較

O E C D レポートでは、種々のパラメータをもつ大型貨物自動車の破損係数を比較するために次式を提案し、検討を行なっている。

$$D = [K_1 \times K_2 \times K_3 \times \frac{P}{P_0}]^4 \quad \dots \dots \dots (5)$$

ここに、D : 破損係数

P : 任意の軸重

P<sub>0</sub> : 標準軸重

K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>, K<sub>3</sub> : 係数 (表-15参照)

図-10は次に示す仮定のもとで作成されたものである。

- ① 10 t 軸重に対する破損係数を車軸ごとに計算する。
- ② 車両の全破損係数は各軸の破損係数の合計に等しい。
- ③ 軸重は前軸に 6 t, 後軸のシングル軸に 10 t, タンデム軸に 16 t, トライデム軸に 22 t かかる

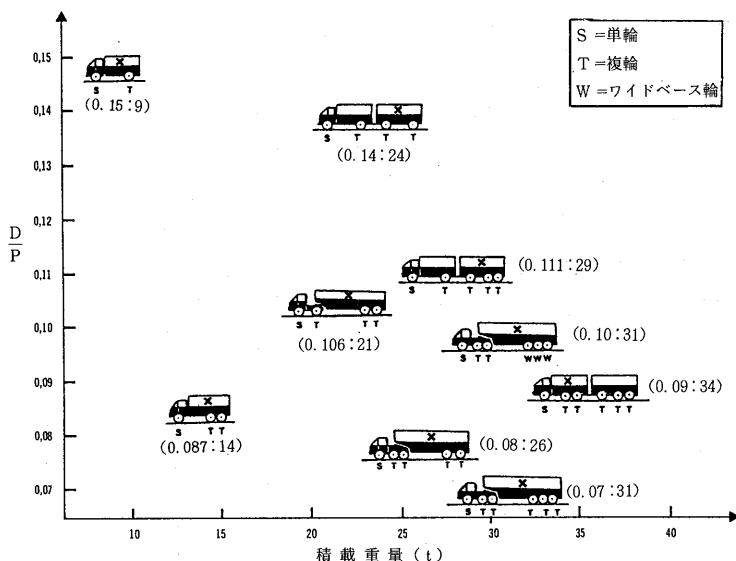


図-10 大型貨物自動車の積載重量と破損係数(D)/積載重量(P)の関係<sup>1)</sup>

表-15 計算に用いる係数<sup>1)</sup>

	種類	係数
K <sub>1</sub> (車軸のタイプ)	シングル	1.0
	タンデム	0.6
	トライデム	0.45
K <sub>2</sub> (車輪のタイプ)	車輪	1.0
	ワイドベース	1.2
	複輪	1.3
K <sub>3</sub> (サスペンション)	従来型	1.0
	改良型	0.95

ものとする。

④ D (破損係数)/P (積載重量)を定義する。O E C D レポートは次のようなことを指摘している。

- ① 積載重量が20~30 tでは、ロードトレインよりもセミトレイラの方が好ましい。
- ② 積載重量が30 tを超えると、ロードトレインの優位性が高くなる。

#### 6-4 実物大試験舗装での研究

理論的研究および現場試験の結果をふまえた軸重換算係数に関する文献を紹介してきたが、これらはすべて限られた条件下での成果にすぎない。しかし、これらの成果を世界各地から収集して集大成することによって、異なる舗装構造、舗装材料、環境および交通荷重に対応できる普遍的な破壊則を確立できる可能性が残されている。そのためには、研究方法は統一された方が望ましく、破壊則の検証は試験舗装で確認されなければならない。

O E C D レポートは A A S H O 道路試験で得られた4乗則の検証を各国の実物大試験舗装で行なうことの必要性を指摘し、共同研究計画に基づいて実施することを提案している。O E C D レポート "Full-Scale Pavement Tests<sup>24)</sup>"によれば、試験舗装を用いた荷重の等価値の研究は西ドイツ、イタリア、フィンランド、デンマークおよびオーストラリアで計画されている。なお、各国の実物大試験舗装の概要是飯島<sup>25)</sup>報告しているので、参照していただきたい。

#### 7. 舗装の費用への影響

##### 7-1 新設舗装

O E C D レポートでは最大軸重

が異なる新設舗装の建設コスト比について試算している。図-11は軸重10t, 13tで設計した新設舗装の建設コスト比と交通量の関係を示したものである。曲線はOECD諸国9ヶ国のデータを基にし、次のような仮定を設定して描かれたものである。

- ① 舗装材料の厚さはフランスの価格を基準にしたコスト比に変換する。
- ② 舗装構造は次の3種類とする。
  - 軽交通……非安定処理路盤からなる舗装。
  - 中交通……非安定処理下層路盤+安定処理路盤からなる舗装
  - 重交通……同上
- ③ 設計方法はシェルとフランスの方法を用いる。

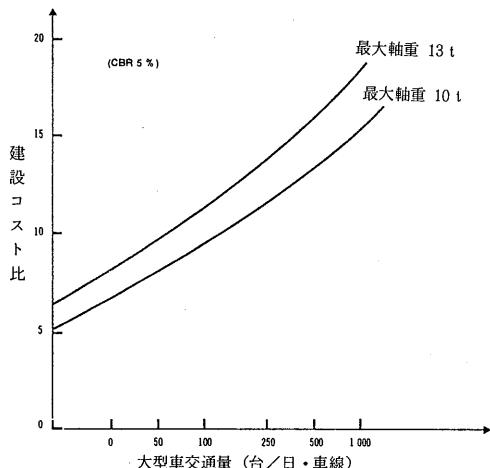


図-11 建設コスト比と大型車交通量<sup>1)</sup>

OECDレポートは次のようなことを述べている。

- ① 新設舗装の建設コスト比は最大軸重が大きいほど、また交通量が多いほど高くなっている。

#### 7-2 舗装のメンテナンス

OECDレポートでは、メンテナンスを2つに分類して計算を行なっている。

1. 構造的なメンテナンス……舗装の寿命を延ばし、累積疲労を補う。
2. 表面的なメンテナンス……舗装の表面特性(凹凸、すべりなど)を回復させる。

図-12はメンテナンスコスト比を構造的なメンテナンスと表面的なメンテナンスに分けて示したものである。データはフランス、西ドイツ、イギリスおよびスイスのものを用いている。曲線は25年間の舗装のメンテナンス

コストを割引率9%として計算した各国の平均値を結んだものである。OECDレポートは次のようなことを述べている。

- ① 構造的なメンテナンスコスト比は交通量の増加とともに高くなっている。
- ② 表面的なメンテナンスコスト比は交通量が増加してもあまり変化しない。

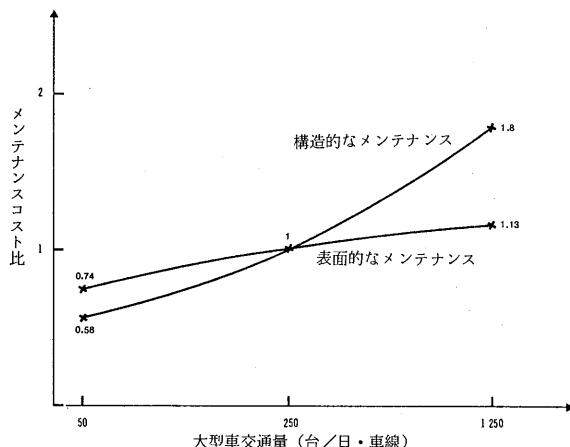


図-12 メンテナンスコスト比と大型車交通量<sup>1)</sup>

## 8. 車両の荷重制限値の影響

車両の荷重制限値を緩和して軸重または総重量の法令を変更することは、1台あたりの大型貨物自動車の輸送量が増大することになり、その結果輸送効率が向上し、輸送費の節約となる。しかし、輸送量の増大にともなう軸重の増加は舗装の寿命を短くし、莫大な維持修繕費が必要になる。

以下に、車両の荷重制限値を上げたときの影響を舗装構造および経済性に分けて述べることにする。なお、表-16はここで取りあげた文献の概要をまとめたものである。

#### 8-1 舗装構造への影響

軸重を増加させたときの舗装寿命の低下割合は、Hicksら<sup>26)</sup>が求めている。Hicksらは多層弹性プログラム(ELSYM 5)を用いて、路床上面の圧縮ひずみを計算し、シェルの破壊基準値<sup>5)</sup>から破壊に至るまでの載荷回数を求め、舗装寿命の低下割合を算出している。舗装寿命はシングル軸重を80KNから110KN、タンデム軸重を140KNから200KNまで増加させると約80%も低下する。

次に、軸重を増加させたとき、舗装の破壊を回復させ

表-16 車両の荷重制限を取った文献の概要

研究者 (国名)	荷重制限		舗装構造への影響		経済性への影響	備考
	変更前	変更後				
OECD REPORT <sup>11)</sup> 西ドイツ	シングル軸 10.0 t タンデム軸 15.4 t	シングル軸 11.0 t タンデム軸 13.0 t				輸送費の利益 5.17~6.14億ドイツマルク (10t→11t)、3.51~3.93億ドイツマルク (11t→12t)
OECD REPORT <sup>11)</sup> アメリカ	シングル軸 9.1 t タンデム軸 14.0 t 総重量 36.0 t	シングル軸 10.2 t タンデム軸 16.3 t			舗装の維持修繕費 +0.75% ~ +14%	輸送費 -4%
OECD REPORT <sup>11)</sup> オーストラリア	シングル軸 8.5 t タンデム軸 14.0 t トライデム軸 18.0 t	シングル軸 9.0 t タンデム軸 16.5 t トライデム軸 18.0 t			シングル軸重+タンデム軸重の増加による便益/価格比は、タンデム軸重だけの増加よりも大きい。	
OECD REPORT <sup>11)</sup> イギリス	シングル軸 10.16 t タンデム軸 140 kN	シングル軸 11.0 t トライデム軸 24.0 t				
Hicksら <sup>26)</sup> アメリカ	シングル軸 80 kN タンデム軸 140 kN	シングル軸 110 kN タンデム軸 200 kN	舗装の寿命が最大80%損失 最大65mmのオーバーレイが必要			
Becker <sup>27)</sup> 西ドイツ	シングル軸 10.0 t	シングル軸 11.0 t シングル軸 12.0 t シングル軸 13.0 t	オーバーレイ厚 2 cm 新設舗装 (路盤) 2.6 cm オーバーレイ厚 4 cm 新設舗装 (路盤) 5.2 cm オーバーレイ厚 5 cm 新設舗装 (路盤) 6.5 cm		オーバーレイ +3.00 ドイツマルク / m <sup>2</sup> , cm 新設舗装 (路盤) +1.15 ドイツマルク / m <sup>2</sup> , cm	
Rauhut <sup>28)</sup> アメリカ	シングル軸 80 kN	シングル軸 89 kN シングル軸 98 kN シングル軸 107 kN			オーバーレイのトータルコスト + 6% + 33% + 45%	
Carmichaelら <sup>29)</sup> アメリカ	シングル軸 80 kN タンデム軸 142 kN 総重量 356 kN	シングル軸 89 kN タンデム軸 151 kN 総重量 534 kN			アスファルト舗装の維持修繕費 +年間 \$ 237 / km コンクリート舗装の維持修繕費 +年間 \$ 232 / km	
Motonura <sup>30)</sup> オマーン	シングル軸 120 kN タンデム軸 216 kN	シングル軸 118 kN タンデム軸 137 kN タンデム軸 255 kN			維持修繕費のトータルコスト +5.1%	
Walton <sup>31)</sup> アメリカ	シングル軸 88.9 kN タンデム軸 151.2 kN 総重量 355.9 kN	シングル軸 115.7 kN タンデム軸 155.7 kN 総重量 533.8 kN			維持修繕費のトータルコスト +0.6%	
古庄・岩屋 <sup>32)</sup> 日本	総重量 20.0 t	総重量 23.0 t	舗装寿命 10年 → 5.7年		舗装の維持費 \$ 2300 → \$ 2300 (×百万) 舗装の修繕費 \$ 5930 → \$ 8459 (×百万)	

るのに必要なオーバーレイ厚は Hicks ら<sup>26)</sup>, Becker<sup>27)</sup>が求めている。Hicks らは表-17に示すように交通量および路床の状態を変えたときのオーバーレイ厚を計算し、Becker はオーバーレイ厚と路盤の打換え厚を試算している。(表-18) 計算結果から、オーバーレイ厚は軸重が大きいほど厚くなることがわかる。

## 8-2 経済性への影響

軸重を増加したときの車両の輸送費は、O E C D レポートの西ドイツおよびアメリカの研究で報告されている。アメリカの研究は軸重変更後、舗装の維持修繕費が3%~14%増加するのに対し、輸送費が4%節約できることを述べている。

最近では、限られた予算を有効に使用するための舗装管理システムを適用して、軸重を増加させたときの舗装の維持修繕費を予測する研究<sup>28)~31)</sup>が行なわれている。ここでは、その中から Rauhut<sup>28)</sup>らの研究を紹介する。Rauhut らは VESYS A (VESYS II M の改良版) を用いて、軸重制限値を変化させたときのオーバーレイのトータルコストを求めている。(表-19) 表から、オーバーレイのトータルコストは軸重の重い方が、舗装厚のうすい方が、交通量の多い方がおよび寒冷地の方が高いことが認められる。

表-17 オーバーレイの必要厚<sup>26)</sup>  
(単位: mm)

軸重 (kN)	路床の状態	交 通 量		
		軽交通 (10 <sup>5</sup> )	中交通 (10 <sup>6</sup> )	重交通 (10 <sup>7</sup> )
90	不良	16.3	21.3	23.1
100		33.8	41.4	45.7
110		50.5	59.4	66.5
90	中	10.4	19.1	21.3
100		21.3	38.4	41.7
110		32.0	56.1	60.2
90	良	—	—	11.2
100		—	1.0	22.9
110		—	8.1	34.5

表-18 最大軸重と舗装厚<sup>27)</sup>

最大軸重 (t)	必 要 厚 (cm)	
	オーバーレイ	新設(路盤)
10.5	1.0	1.3
11.0	2.0	2.6
11.5	3.0	3.9
12.0	4.0	5.2
12.5	4.5	5.85
13.0	5.0	6.5

## 8-3 荷重制限値の影響のまとめ

これまで述べてきた研究成果から、荷重制限値の変更とともに車両の重量化は舗装の破壊を増大させ、多額の維持修繕費が必要となることが明らかになった。しかし、舗装の維持修繕費と車両の輸送費の両者を考慮した経済比較は今のところ詳細に行なわれていない。この経済比較は荷重制限値を検討するうえで避けられない問題であるため、今後の研究成果が待たれるところである。

## 9. おわりに

今まで述べてきた研究成果をまとめると、次のようになる。

- (1) 軸重換算係数は舗装構造および交通量によって変動する。
- (2) AASHTO の軸重換算係数は複輪にのみ適用できる。
- (3) 単輪シングル軸の軸重換算係数は複輪シングル軸の2~3倍である。
- (4) タンデム軸およびトライデム軸の軸重換算係数は、おおむね 1.6, 2.3 である。
- (5) 3 軸以上の車両の各軸にかかる荷重はほぼ一定である。
- (6) 舗装の維持修繕費は軸重とともに増加する。

表-19 オーバーレイに関する費用の平均値<sup>28)</sup>(軸重別)

項 目	分 類	荷重制限値 (kN)			
		8 0	8 9	9 8	1 0 7
トータルコスト	舗装厚がうすい	5.46	6.00	7.05	7.59
	舗装厚が厚い	3.17	3.17	4.41	4.94
	交通量が少ない	1.59	2.13	2.65	3.72
	交通量が多い	7.05	7.05	8.45	8.45
	環境が湿潤・凍結	5.28	5.28	6.70	8.81
	環境が乾燥・凍結	6.70	7.76	8.81	8.81
	環境が湿潤・未凍結	1.43	1.43	2.14	2.14
	環境が乾燥・未凍結	3.87	3.87	5.28	5.28
年平均コスト	すべての舗装	4.32	4.59	5.74	6.27
	舗装厚がうすい	0.378	0.411	0.454	0.483
	舗装厚が厚い	0.195	0.219	0.287	0.354
	交通量が少ない	0.152	0.165	0.222	0.274
	交通量が多い	0.419	0.465	0.519	0.563
	環境が湿潤・凍結	0.344	0.380	0.406	0.518
	環境が乾燥・凍結	0.400	0.418	0.562	0.613
	環境が湿潤・未凍結	0.125	0.141	0.155	0.161
	環境が乾燥・未凍結	0.275	0.320	0.359	0.383
	すべての舗装	0.286	0.314	0.371	0.418

## 参考文献

1. OECD, ROAD RESEARCH. "Impacts of Heavy Freight Vehicles". OECD. Paris, 1983
2. OECD, ROAD RESEARCH. "Heavy Freight Vehicles and Their Effects". Symposium, Reports - 3 volumes. OECD. Paris, 1977
3. American Association of State Highway and Transportation Officials; "AASHTO Interim Guide for Design of Pavement Structures", 1972
4. Skok, E.L., Doty, R.N., Finn, F.N. and Lyon, J.W.; "Traffic Factors Used in Flexible Pavement Design", TRR Circular, №240, p. 1~7, 1982
5. Shell, "Shell Pavement Design Manual", 1978
6. Lister, N.W.; "Heavy Wheel Loads and Road Pavements - Damage Relationships and Economic Implications", OECD, ROAD RESEARCH. "Heavy Freight Vehicles and Their Effects". Symposium, 1977
7. Luhr, D.R. and McCullough, B.F.; "Development of a Rationally Based AASHTO Road Test Algorithm", TRR №766, p. 10~17, 1980
8. PIARC. XVIIth World Road Congress. Technical and National Reports, Question V. PIARC. Sydney, 1983
9. Deacon, J.A. ; "Load Equivalency in Flexible Pavements", Proc., AAPT, Vol. 38, p. 466~491, 1969
10. Hallin, J.P., Sharma, J. and Mahoney, J.P. ; "Development of Rigid and Flexible Pavement Load Equivalency Factors for Various Widths of Single Tires", TRR, №949, p. 4~13, 1983
11. Finn, F., Saraf, C., Kulkarni, R., Nair, K., Smith, W. and Abdullah, A.; "The Use of Distress Prediction Subsystems for the Design of Pavement Structures", Proc. of the Fourth International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements, p. 3~38, 1977
12. Christison, J.T., Anderson, K.O. and Shields, B.P.; "In Site Measurements of Strains and Deflections in a Full-depth Asphaltic Concrete Pavement", Proc., AAPT. Vol. 47, p. 398~433, 1978
13. Carmichael, R.F., Roberts, F.L., Jordahl, P.R., Treybig, H.J. and Finn, F.N. ; "Effect of Changes in Legal Load Limits on Pavement Costs", Report FHWA-RD-79-73, Austin Research Engineers Inc., 1978
14. Uzan, J. and Wiseman, G. ; "Allowable Load on Multiple-Axle Trucks", TRR, №725, p. 31~37, 1979
15. The Asphalt Institute, ; "Thickness Design - Full-Depth Asphalt Pavement Structures for Highways and Streets", The Asphalt Institute, Manual Series №1, 1970
16. The Asphalt Institute, ; "Thickness Design - Asphalt Pavements for Highways and Streets", The Asphalt Institute, Manual Series №1, 1981
17. Wang, M.C. and Anderson, R.P. ; "Load Equivalency Factors of Triaxle Loading for Flexible Pavements", TRR, №810, p. 42~49, 1981
18. Southgate, H.F., Deen, R.C. and Havens, J.H. ; "Analysis of Tandem Axle Loads by Elastic Theory", TRR, №671, p. 57~63, 1978
19. PIARC. XVIIth World Road Congress. Question II. PIARC. Sydney, 1983
20. PIARC. XVIth World Road Congress. Question V. PIARC. Sydney, 1983
21. Treybig, H.J. ; "Equivalency Factor Development for Multiple Axle Configurations", TRR, №949, p. 32~44, 1983
22. Southgate, H.F., Deen, R.C. and Mayes, J.G. ; "Strain Energy Analysis of Pavement for Heavy Trucks", TRR, №949, p. 14~20, 1983
23. Southgate, H.F., Deen, R.C., Havens, J.H. and Drake, W.B. ; "Kentucky Research: A Flexible Pavement Design and Management System", Proc. of the Fourth International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements, p. 269~297, 1977
24. OECD, ROAD TRANSPORT RESEARCH. "Full-Scale Pavement Tests", OECD. Paris, 1985
25. 飯島尚 ; OECD の舗装関係レポートから, 舗装, 1983年9月, p. 32~33
26. Hicks, R.G., Layton, R.D. and Glover, S. ;

- "Evaluation of Increased Trucks Size and Mass on Pavement Life and Design Thickness", TRR, № 671, p.46~53, 1978
27. Becker, P.: "The Financial Consequences of an Increase of the Maximum Axle Load of 10 Metric Tons Permitted in the Federal Republic of Germany", OECD, ROAD RESEARCH. "Heavy Freight Vehicles and Their Effects". Symposium, 1977
28. Rauhut, J.B. and Kennis, W.J.; "Factorial Study of Relations Between Pavement Cost and Legal Axle Loads", TRR, № 725, p. 22~30, 1979
29. Carmichael, R.F., Roberts, F.L. and Treybig, H.J.; "Procedure for Evaluating the Effects of Legal Load Limits on Pavement Costs", TRR, № 725, p. 1~8, 1979
30. Motomura, Y.; "Optimum Axle-Load Limits in Oman", TRR, № 727, p. 1~9, 1979
31. Walton, C.M., Brown, J.L. and Burke, D.; "Heavy Trucks on Texas Highways: An Economic Evaluation", TRR, № 725, p. 8~15, 1979
32. 古庄隆, 岩屋信一郎; 過積載車両通行防止対策について, 道路, 1985年5月, p. 41~44

## 重交通道路の舗装用アスファルト 「セミブローンアスファルト」の開発

B5版・132ページ・実費領価 3000円(送料実費)

当協会において、昭和50年の研究着手以来、鋭意検討されてきた重交通道路の舗装用アスファルトについての研究の集大成です。本レポートが、アスファルト舗装の耐流動対策の一助となれば幸いです。

- 
- | 目                          | 次                         |
|----------------------------|---------------------------|
| 1. 研究の概要                   | 4.4 高速曲げ試験                |
| 1.1 文献調査                   | 4.5 水浸マーシャル安定度試験          |
| 1.2 室内試験                   | 4.6 試験結果のまとめ              |
| 1.3 試験舗装                   | 4.7 品質規格の設定               |
| 1.4 研究成果                   | 5. 試験舗装による検討              |
| 2. 舗装の破損の原因と対策             | 5.1 概説                    |
| 2.1 アスファルト舗装の破損の分類         | 5.2 實施要領                  |
| 2.2 ひびわれ (Cracking)        | 5.3 施工個所と舗装構成             |
| 2.3 わだち掘れ (Rutting)        | 5.4 追跡調査の方法               |
| 3. セミブローンアスファルトの開発         | 5.5 使用アスファルトの性状           |
| 3.1 概説                     | 5.6 アスファルト混合物の性状          |
| 3.2 市販ストレートアスファルトの60°C粘度調査 | 5.7 第1次および第2次試験舗装の供用性状    |
| 3.3 製造方法の比較                | 5.8 第3次試験舗装の供用性           |
| 3.4 セミブローンアスファルトの試作        | 5.9 アンケート調査               |
| 3.5 試作アスファルトの特徴            | 5.10 試験舗装のまとめ             |
| 3.6 60°C粘度と他の物理性状の関係       | 6. むすび                    |
| 3.7 薄膜加熱による性状変化            | 資料                        |
| 4. セミブローンアスファルトを用いた混合物の性状  | 1. セミブローンアスファルトの規格 (案)    |
| 4.1 概説                     | 2.1 石油アスファルト絶対粘度試験方法      |
| 4.2 マーシャル安定度試験             | 2.2 60°C粘度試験の共通試験         |
| 4.3 ホイールトラッキング試験           | 3. 舗装用セミブローンアスファルトの舗装施工基準 |

# 瀬戸大橋と岡山県の幹線道路網

山田直重

建設省中国地方建設局岡山国道工事々務所長

## <瀬戸大橋>

1万ないし数万年前、海面は現在より百数十m低く、瀬戸内海は陸地であったといわれている。その後の地殻変動により瀬戸内海が誕生し、本州と四国は海をへだてて分かたれることになった。中国と四国の交流は陸続きであった古代から、現在の瀬戸大橋ルート(児島一坂出)に沿った当時の尾根伝いを中心として行なわれてきたことが、ルート上の島々から出土する石器などから裏付けられているが、数万年を経た現代に、再びそのルートをたどって2つの陸地が結ばれようとしている。

瀬戸大橋は本州四国連絡橋児島・坂出ルートの一般的総称で、世界第5位(明石海峡大橋ができれば第6位)の長大吊橋となる南備讃瀬戸大橋(中央径間1,100m)など6本の長大橋が約9kmの瀬戸内海にかかり、前後の陸上部と合わせ約38kmで中国と四国を結ぶ。

昭和53年10月着工以来7年半、難航していた早島、坂出両IC、本土側道路部の稗田・柳田地区、鉄道部の藤戸地区などの用地交渉が昨年から今年にかけて一応の結着をみ、比較的順調に進んでいた海上部とあわせて目標である昭和63年春の完成にむけてラストスパートに入った段階である。

岡山県はこの瀬戸大橋の完成をバネとして、瀬戸内、山陰、南四国を圏域とする西日本の一大経済拠点として大きく飛躍しようとしているのであるが、それを実現するためには、瀬戸大橋を中心とする高速交通体系と、これと一体となって機能する地域交通体系の整備が不可欠の条件である。(図-1)

このため、現在岡山県南地域を中心として、各種の道路事業が精力的に進められているが、主要な道路について、その現況と展望を簡単に紹介することとした。

## <瀬戸大橋から東へ>

中四国経済は京阪神、さらに首都圏と、東の方向との強い結びつきを持っているが、こ

の傾向は今後とも変わることはないだろう。したがって瀬戸大橋以東の道路整備は、大橋の経済効果を最大に発揮させるうえで重要な役割をになう。

図-2に示す通り、この役割は早島ICを経て国道2号、倉敷JCを経て山陽自動車道(以下山陽道といふ)がそれぞれ受持つこととなる。

山陽道倉敷JC～岡山IC間は現在道路公団岡山工事々務所において用地買収中であり、60年代半ば供用を目指して事業が進められている。岡山IC～備前IC間は60年2月に施工命令、6月にルート発表がなされ、道路公団備前工事々務所において地元協議が始まったところである。通常のペースから推して完成は60年代末頃と思われる。

したがって瀬戸大橋を渡って山陽道で関西方面へというパターンは63年春には実現できないので、当分の間国道2号がその重責をになうこととなる。

2号岡山バイパスは全長38km、昭和38年事業着手以来23年を経たが未だ全通まで10kmを残す状況で、その整備が急がれている。現在、岡山県道路公社の有料道路ブルーハイウェイとの分岐君津JCまで供用されており、当

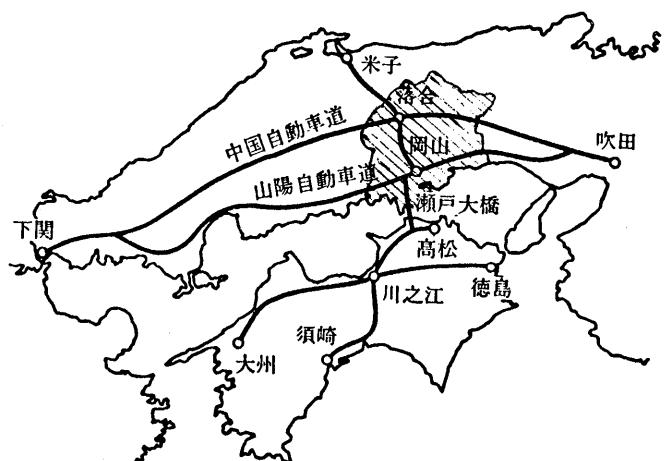


図-1 瀬戸大橋を軸とした高速道路網

面その先、県道西大寺山陽線までの5kmを瀬戸大橋にあわせて供用し、この県道を経て暫定的に現2号に結ぶ予

定である。(写真-1)

＜瀬戸大橋から西へ＞

近畿圏ほど強い結びつきはないが、中国地方の中枢都市広島や北九州圏との連係を確保するうえで瀬戸大橋以西の幹線道路整備も急がれる。

この方面でもやはり山陽道と国道2号にその役割を依存することになるが、東方向と対照的にこの方面は高速道路の整備が先行している。

山陽道は早島 IC から倉敷 JC を経て玉島 IC までの間を道路公団岡山工事々務所、玉島 IC ～福山東 IC 間を建設省岡山国道工事々務所と福山工事々務所がそれぞれ担当して、63年春瀬戸大橋と同時供用を目指し銳意工事を進めている。(写真-2)

一方国道2号は、早島ICを経て倉敷市玉島までは岡山バイパス、玉島バイパスとして暫定ながらほぼ全線供

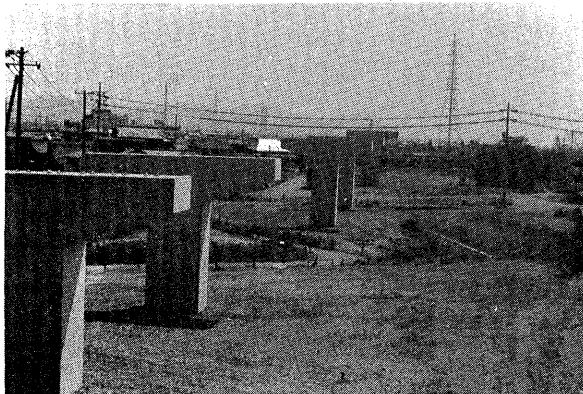


写真-1 岡山バイパス中野地内の高架橋工事

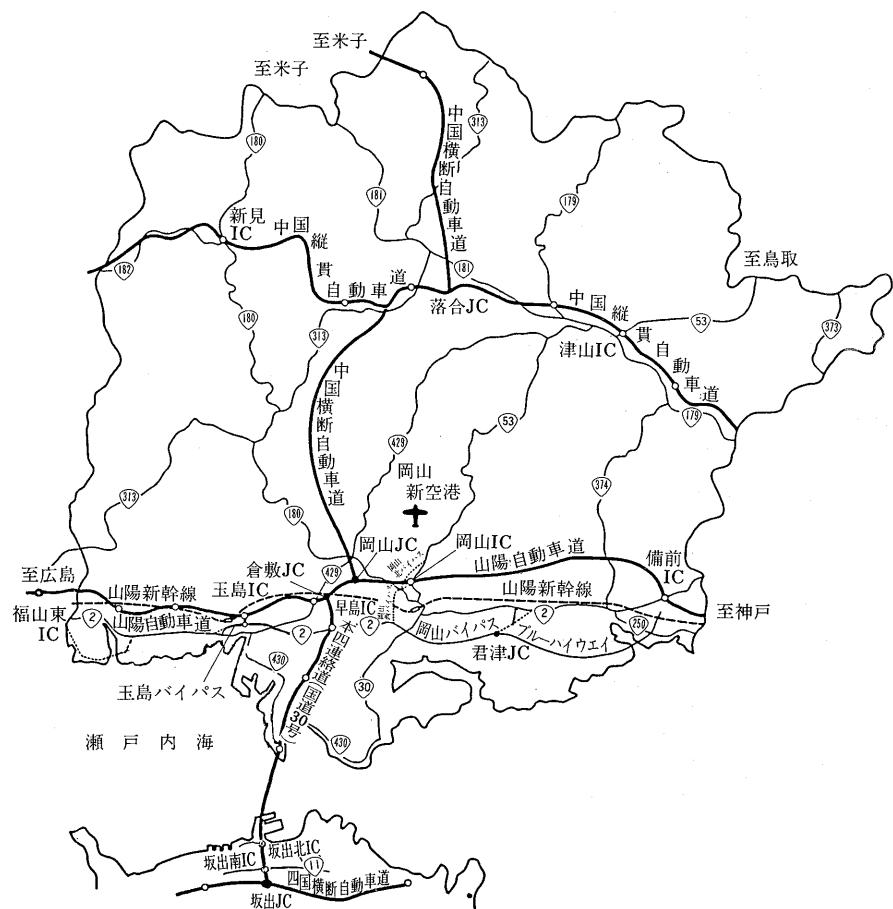
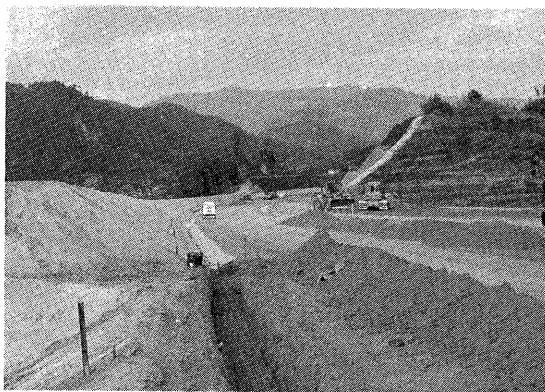


図-2 岡山県幹線交通網図



写真－2 山陽自動車道鴨方町地内の土工工事

用されているが、玉島以西については、63年春の山陽道供用後の推移をみながら、笠岡バイパス、金光、鴨方、里庄各町域の4車化を逐次進めて行くこととなろう。

#### <瀬戸大橋から北へ>

中国地方は、その背梁を形成する中国山脈によって山陽と山陰にへだてられ、経済活動の動線は瀬戸内海、日本海に沿った東西方向が主流となっている。

昭和58年の中国縦貫道全通により中国山地に散在する中小都市の活性化が促され、南北両圏域の一体化が進みつつあるものの、それを上回る勢いでこれらの地域は近畿方面との結びつきを強めており、東西方向が卓越するという従来のパターンは変っていない。

瀬戸内、山陰、四国が一体となった経済圏として発展するためには、南北軸の強化が必要であり、瀬戸大橋の完成はその大きなステップの1つとなるものである。さらにこれを受けて、山陽と山陰を結ぶ幹線として中国横断自動車道岡山米子線、国道53号、180号の整備が必要なのはいうまでもない。

中国横断道岡山米子線は、米子～落合間がすでに施工命令を受けて用地買収、工事着工と進んでいるが、岡山

～落合間は去る1月の国幹審において整備計画が策定され、ようやく事業実施の第1歩を踏み出したばかりの状態である。したがって目前に迫った瀬戸大橋完成にはとうてい間に合わず、陰陽直結の動脈として機能するのは当分先のこととなろう。

一方国道53号、180号は、岡山～津山～鳥取、岡山～新見～米子の各都市を結ぶ幹線として古くから重要な役割を果して来た。しかし、180号の1部を除いて1次改築は完了しているものの、山地部の危険ヶ所も多く、近年の交通量増大によって都市周辺部での混雑が著しい。

このため、岡山市域では53号岡山北バイパス、180号岡山西バイパスが計画され、事業が進められているが、諸々の制約からその進捗は必しも順調とはいがたい。

山陰、岡山県北方面から快適に瀬戸大橋へ乗り入れができるのは、現状では大橋完成後数年待たねばならない状況である。

#### <おわりに>

昭和44年頃、筆者は建設省道路局で第6次道路整備5ヶ年計画の策定作業の一端にたずさわっていた。5ヶ年計画のベースとなる道路整備の長期計画は、昭和60年度を目標年次とし、7,600kmの国土開発幹線自動車道、本州四国連絡橋など高速交通体系の確立、それらを補完する一般国道など幹線道路網の整備等により、国土の有効利用、流通の合理化および国民生活環境の改善に寄与することをその基本方針としていた。

そして今、昭和60年度末、本四児島坂出ルートとその関連幹線道路網の現状はすでに述べた通りである。この10数年間には、当時長期計画では予測もつかなかった多くの社会、経済条件の変化があった。しかし、長期計画にうたわれていた道路整備の長期計画の基本的方針は現在においても変りはないといつてもよかろう。とすれば、その目標とした整備水準を1日も早く実現すべく努力を重ねてゆくことが、われわれに課せられた課題だと思う。

☆

☆

☆

☆

☆

☆

## ダイナフレクトたわみ量

米国で開発されたたわみ量測定試験機（ダイナフレクト）を利用して測定するたわみ量のこと（以下、動的たわみ量をいう）。

試験機の原型は、トレーラ型で、動荷重発生装置とたわみ量検出部の制御装置と測定装置から構成されているが、日本では全体を車両本体に投載したタイプのものも使用されている。たわみ量の測定機構は、先ずアンバランスウェートを回転させて動荷重を発生させ、これをソリッドタイヤで路面に伝達し、変形によって発生する加速度をアナログ積分してたわみ量に変換して記録するようになっている。

振動力及び振動数は、アンバランスウェイトを変えることによって(1). 500kgfで8Hz (2). 750kgfで12Hz (3). 1000kgfで20Hz、に変えることができるが、通常は(1)の状態で測定する例が多い。

動荷重の載荷位置及び測定例を示すと図-1のようになる。5個のセンサーによって測定したたわみ量とたわみ曲線を利用して以下に示すような各種の指標を計算し、舗装の構造解析に利用している。

(1) 最大たわみ量(Dynalect Maximum Deflection)

$$DMD = W_1 \text{ (mm)}$$

(2) 表面たわみ指数(Surface Curvature Index)

$$SCI = W_1 - W_2 \text{ (mm)}$$

(3) 路盤たわみ指数(Base Curvature Index)

$$BCI = W_4 - W_5 \text{ (mm)}$$

(4) スプレッダビリティ(Spreadability)

$$S = \frac{1}{5W_1} (W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5)$$

$$\times 100 \text{ (%)}$$

(5) たわみ面積の $\frac{1}{2}$ の値(Area of half the deflected basin)

$$A = \frac{1}{2} (W_1 + 2W_2 + 2W_3 + 2W_4 + W_5) \times 300 \text{ (mm)}$$

動的たわみ量とベンケルマンたわみ量( $P=5t$ )

の関係例を図-2に示す。これは、表層、基層の厚さが6~10cm、アスファルト安定処理やセメント安定処理厚が12~20cmの路盤からなる $T_A=19\sim27\text{cm}$ 程度の路面で測定した例である。これより、両者の関係は舗装構造によって傾向は異なるが、DMDとの相関は比較的高いことおよび、その値はベンケルマンたわみ量の1/10以下のオーダーである様子がわかる。

また、動的たわみ量の温度による影響例として図-3がある。これによれば、測定時期に差はあるものの、動的たわみ量に大きな差がない傾向があり、各指標は舗装構造毎に分類して評価する必要が特記できる。

(小島逸平 熊谷道路技術研究所)

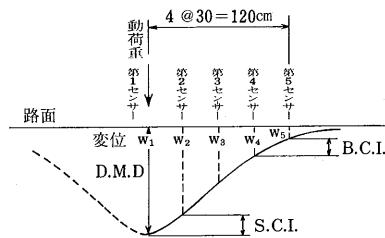


図-1 ダイナフレクトによる動的たわみ量の測定(土研)

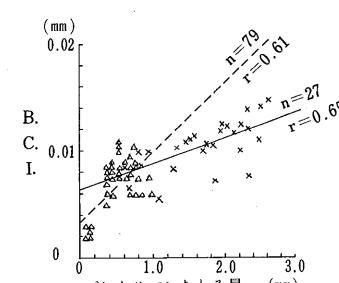
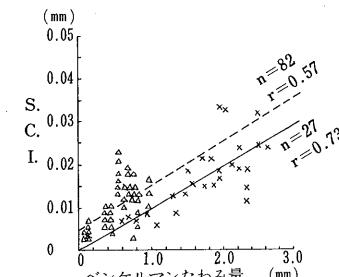
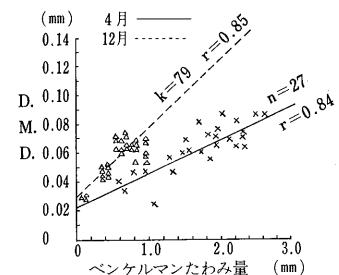


図-2 ベンケルマンたわみ量と動的たわみ量(土研)

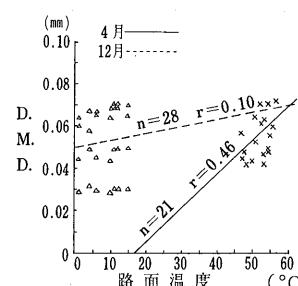


図-3 路面温度と動的たわみ量(土研)

## 用語の解説

### 油分離とステイン・インデックス (Stain Index)

アスファルトは、組成的にみると、アスファルテン粒子を核とし、それに吸着したレジン、芳香族分が、アスファルテン表面を溶解してミセルを形成し、このミセル間には飽和成分のオイルが分散媒として存在している。

従って、これら組成成分の比率が不適当なアスファルトでは、使用条件によっては、供用中にオイル分が分離しにじみ出て、実用上好ましくない結果をもたらすことがある。

特に、この様なアスファルトを、紙などの繊維質のものや、石、砂、コンクリートなど多孔質なものにコーティングした場合、分離を生じ易く、にじみ出た油分が、製品を汚したり、表面のペイントを変色させたり、あるいは、分離後のアスファルトの硬化や、接着力の低下により、トラブルとなることがある。

この様な、油のにじみ出し (Oil exudation) の性質を評価する方法に、ステイン・インデックスがある。

試験方法は、ASTM D 1328-81 (Staining properties of asphalt-modified pressure method) に規定されている。但し、この方法は、軟化点が、65.6°C以上 のアスファルト、又は65.6°C以下で、かつ針入度が35以下のアスファルトにのみ適用できる。

試験の概要は、直徑約2cm、高さ約4cmの金属製モールドの半分程度まで、アスファルトを満し、その表面に31枚のテスト紙（シガレットペーパータイプ）の層を接觸させ、温度98.9±1.6°C、圧力345±21KPa(50±3psi)の条件下に18時間放置する。試験後、テスト紙を取り出し、アスファルト中の油分のにじみ出しにより、汚れた紙の枚数を数える。この値を、ステイン・インデックスと呼ぶ。

適量の芳香族分を含み、アスファルテンを充分に分散しているストレートアスファルトの場合には、一般的にコロイド構造も均一で、安定しているため、油分離の問題は殆んど無い。

しかし、ブローンアスファルトは、アスファルテン量が多く、構造的にも不均一なため、高い値のステイン・インデックスを示すものもあり、ブローリング処理の程度や、原料油の性質によっても、かなり異なる。

また、このミセル間相のオイル分離速度は、多孔質物質の孔径が小さい程、速くなり、オイル分の粘度にも支配されると言われている。

### オリエンシステスト (Oliensis Test)

ゾルタイプとゲルタイプなど、コロイド構造の異なる2種類のアスファルトを接触させた場合、一方のアスファルトから他方のアスファルトへ、油分が移動する現象が認められることがある。この様なアスファルト間の、接触適合性 (contact compatibility) を評価する方法に、オリエンシステストがある。この性質は、アスファルトルーフィングを製造するさい、含浸用のストレートアスファルトと表面にコーティングするブローンアスファルトの適合性を評価するのに有効である。

試験方法は、ASTM D 1370-84 (Contact compatibility between asphaltic materials-Oliensis test) に規定されているが、その概要は以下の通りである。

硬い方のアスファルト（一般にブローンアスファルト）を溶かして、厚さ3~6mmの金属製の容器に流し込む。冷やした後、表面にタルク粉末をかけ、余剰のタルクを落す。もう一度タルクを45μm フルイを通して0.004 g/cm<sup>2</sup> 程度かけ、均一な細粉膜をつくる。このタルク粉の上に、溶解した、もう一方のアスファルト（一般にストレートアスファルト）を針金にとり、直徑3mm程度の球形状に3個所に滴下する。この試料を、試験温度（アスファルトルーフィングの場合は50°C）に72時間保持する。試験後、放冷し、滴下したアスファルトの周辺にできたオイルリングの幅を0.1mm単位で測定する。

アスファルトルーフィングの場合、一般に、このオイルリングの幅が、0.5mm以下の場合には適合、0.5mm以上の場合は不適合と判断される。

このアスファルト間の接触適合性は、アスファルトのコロイド構造に関連しているため、硬さの異なる2種類のアスファルト間でも、コロイド構造の類似しているブローンアスファルトどうし、又はストレートアスファルトどうしでは、油分の移動は殆んどみられない。

Oliensisは、この接触適合性の試験の他に、アスファルト間の相溶性を評価する Oliensis Spot Testを開発しているが、後者は AASHTO T 102-74 スポットテストとして知られており、この解説で述べたものとは別の試験法である。

〔井町弘光 昭和シェル石油(㈱)中央研究所〕

## 総目次 第143号～第146号（昭和60年度）

### アスファルトの需給・統計関係の解析

表題	執筆者	号数	ページ p～p	発行年月（西暦）
昭和60～64年度石油アスファルト需要見通しについて	資源エネルギー庁石油部 アスファルト小委員会	144	81～85	昭60.8(1985)
〔統計資料；石油アスファルト需給統計その1（総括表）、同その2（内需、品種別表）毎号巻末に掲載〕				

### 道路舗装・舗装用アスファルト

表題	執筆者	号数	ページ p～p	発行年月（西暦）
特集・歩行者系道路の舗装 歩きたくなる道づくり～特に女性の立場から～ 人間工学的にみた歩行者系道路に対するニーズ 歩道内舗装の種類と現況 コミュニティ道路とその舗装～大阪市の事例～ 住宅・都市整備公団における歩行空間の舗装 公園内における舗装について 駅構内の舗装 歩道橋舗装 科学万博の概念と会場内の舗装	生内玲子・小野英三・森田悦一・柳瀬敞一・大石朝朗・松本守・宮本剛・阿部忠・今泉晋	143	1～2 3～4 5～11 12～16 17～25 26～31 32～38 39～40 41～45	昭60.4(1985)
特集・アスファルト舗装技術の高度化に向けて 特集にあたって わが国の構造設計法に対する基本的考察 舗装における新材料 アスファルト舗装の施工管理の実態と今後の展望 供用中の調査 ～路面評価システムと新しい路面性状測定手法の開発～ 一般国道の維持修繕について 神奈川県における道路の維持補修	多田宏・阿部頼尚・飯島尚美・山下弘・沢田淳・成田保・金野正利・岩下奉夫	144	1～2 3～22 23～36 37～47 48～54 55～62 63～68	昭60.8(1985)
特集・海外における道路舗装の現状 マレーシアの舗装工事 インドネシアの舗装道路 砂漠の国高速道路 タンザニア（アフリカ）における舗装工事の一例について パラグアイ共和国国道6号線整備工事について ヨーロッパ主要3国の舗装 アメリカ合衆国における道路舗装の現状 カナダにおける道路舗装の現状について	長谷川武・陶山彦理・林実隆・小田嶋正・市川明・高橋章・飯菊川夫・菊川滋	145	1～7 8～13 14～21 22～24 25～31 32～45 46～54 55～59	昭60.12(1985)
特集・最近における維持修繕工法 特集にあたって 移動式の小型アスファルト再生プラントの施工例について 凍上災害による舗装復旧 レールびき工法による維持補修について 応急修理工法に使用する各種常温混合物の材料特性と供用実態 について 東京都23区内、一般国道の舗装修繕工事 高速道路における路上表層再生工法 表面処理による地方道の維持修繕～兵庫県の例～ 表面処理による地方道の維持修繕～山口県の例～ 横断歩道橋々面舗装に用いる特殊乳剤混合物と施工方法について リフレクションクラック防止工法の開発	飯島尚功・瀬昂・合田立・佐木隻雄・竹田敏憲・成田保・古郷誠・野上幸治・清水欣也・小西平悟・宮内幾男・三島豊彦・米村信幸・高橋松男	146	1～2 3～7 8～20 21～30 31～38 39～52 53～59 60～65 66～69 70～75 76～84	昭61.1(1986)
土木・工業用（空港、水利、建築など） 工事報告・アスファルトフェーシングにおける表面保護層の補修例	武井賢司・加形謙	144	69～76	昭60.8(1985)

## アスファルト舗装技術研究グループ・研究報告

表 題	執 筆 者	号数	ページ p～p	発行年月(西暦)
第20回 IRF(1984年)の発表論文から 第10回 IRF世界道路会議論文の概要	阿部頼政 野村敏明	143	46 47～55	昭60.4(1985)
第21回 OECDのレポートから (1) 路面のメンテナンス技術	阿部頼政 野々田充	145	60 61～72	昭60.12(1985)

## 講座・連載シリーズ

表 題	執 筆 者	号数	ページ p～p	発行年月(西暦)
<b>工事々事務所長シリーズ</b>				
24. 雑感 ～お水取りのことなど～	大石久和	143	56～58	昭60.4(1985)
25. 鹿児島国道工事々務所の最近の話題	大肥木修	144	77～78	昭60.8(1985)
26. 讀岐の国と南海道	大城堅二郎	145	73～75	昭60.12(1985)
27. 東北のウィーン	大城処求行	146	85～87	昭61.1(1986)

## 用語の解説

表 題	執 筆 者	号数	ページ p～p	発行年月(西暦)
平坦性・乗心地係数 蒸発試験・蒸発後の針入度比		143	59 60	昭60.4(1985)
BPN・PSV 薄膜加熱試験・回転式薄膜加熱試験	井町弘光 (石油アスファルト関係)	144	79～80 81	昭60.8(1985)
検査基準 比重・熱膨張係数	小島逸平 (舗装関係)	145	76～77 78	昭60.12(1985)
たわみ量・ベンケルマンビームによるたわみ量 引火点・スポットテスト		146	88 89	昭61.1(1986)

## その他一般〔協会事業活動・時事解説・随想など〕

表 題	執 筆 者	号数	ページ p～p	発行年月(西暦)
会長就任のご挨拶	鹿島實	144	1	昭60.8(1985)
協会だより		144	88	"
総目次 第139号～第142号(昭和59年度)		144	86～87	"

## 昭和60年度に発行された本協会出版物

書名・概要	発行年月(西暦)
毎年(月)改定している定期刊行物 I. アスファルト・ポケットブック(ポケットブック版・本文72ページ) II. 最近のアスファルト事情(A5版・本文48ページ) III. 石油アスファルト統計月報(B5版・" 16ページ)	毎年8月発行 "每月25日発行

<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	対前年比	輸入	合計	内需	対前年比	輸出	小計	期末在庫	合計
52年度	256	4,790	(115.3)	0	5,046	4,765	(116.2)	0	4,765	287	5,052
53年度	287	5,229	(109.2)	0	5,516	5,218	(109.5)	0	5,218	297	5,515
54年度上期	297	2,624	(98.6)	0	2,921	2,576	(97.7)	0	2,576	348	2,924
54年度下期	348	2,440	(95.0)	1	2,789	2,562	(99.2)	2	2,664	236	2,800
54年度	297	5,064	(96.8)	1	5,362	5,138	(98.5)	2	5,140	236	5,376
55年度上期	236	2,374	(90.5)	0	2,610	2,323	(90.2)	12	2,335	278	2,613
55年度下期	278	2,346	(96.1)	1	2,625	2,380	(92.9)	9	2,389	240	2,629
55年度	236	4,720	(93.2)	1	4,957	4,703	(91.5)	21	4,724	240	4,964
56年度上期	240	2,244	(94.5)	0	2,484	2,215	(95.4)	5	2,220	266	2,486
56年度下期	266	2,354	(100.3)	0	2,620	2,347	(98.6)	14	2,361	226	2,587
56年度	240	4,598	(97.4)	0	4,838	4,562	(97.0)	19	4,581	226	4,807
57年度上期	226	2,158	(95.8)	0	2,384	2,103	(94.9)	8	2,111	240	2,351
57年度下期	240	2,466	(104.8)	0	2,706	2,471	(105.3)	10	2,481	213	2,694
57年度	226	4,624	(99.2)	0	4,850	4,574	(100.3)	18	4,592	213	4,805
58年度上期	213	2,392	(111.1)	0	2,605	2,357	(110.7)	3	2,360	241	2,601
58年度下期	241	2,555	(103.6)	0	2,796	2,564	(103.8)	1	2,565	226	2,791
58年度	213	4,947	(108.4)	0	5,160	4,921	(107.6)	4	4,925	226	5,151
7~9月	301	1,303	(100.9)	0	1,604	1,350	(106.3)	0	1,350	252	1,602
59年度上期	226	2,541	(106.4)	0	2,767	2,516	(106.7)	0	2,517	252	2,769
12月	196	514	(106.0)	0	710	512	(109.2)	0	512	196	708
10~12月	252	1,453	(103.3)	0	1,705	1,506	(105.3)	0	1,506	196	1,702
60.1月	196	332	(106.1)	0	528	286	(115.3)	0	286	243	529
2月	243	376	(119.7)	0	619	343	(114.0)	0	343	276	619
3月	276	533	(102.1)	0	809	570	(97.4)	0	570	240	810
1~3月	196	1,241	(108.0)	0	1,437	1,199	(105.7)	0	1,199	240	1,439
59年度下期	252	2,694	(105.4)	0	2,946	2,705	(105.5)	0	2,705	240	2,945
59年度	226	5,235	(105.9)	0	5,461	5,221	(106.1)	0	5,221	240	5,461
60.4月	240	416	(86.1)	0	656	391	(92.0)	0	391	266	657
5月	266	384	(97.2)	0	650	326	(89.3)	0	326	321	647
6月	321	346	(96.1)	0	667	349	(92.8)	0	349	316	665
4~6月	240	1,145	(92.5)	0	1,385	1,066	(91.4)	0	1,066	316	2,047
7月	316	409	(95.2)	0	725	454	(100.5)	0	454	269	723
8月	269	449	(103.6)	0	718	424	(97.5)	0	424	293	717
9月	293	397	(90.0)	0	690	394	(84.0)	0	394	294	688
7~9月	316	1,255	(96.3)	0	1,571	1,272	(93.8)	0	1,272	294	1,566
60年度上期	240	2,400	(94.5)	0	2,640	2,338	(92.9)	0	2,338	294	2,632
10月	294	425	(94.1)	0	719	447	(92.2)	0	447	270	717
11月	270	462	(94.9)	0	732	482	(94.6)	0	482	248	730

(注) (1)通産省エネルギー統計月報 60年11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				対 前 年 度 比							
	ストレート・アスファルト			燃焼用 アスフ アルト	ブロ ーンアス ファルト	合 計	ストレート・アスファルト			燃焼用 アスフ アルト	ブロ ーンアス ファルト	合 計
	道路用	工業用	計				一般用	工業用	計			
52年度	4,242	235	4,477	—	288	4,765	116.9	112.4	116.6	—	109.1	116.1
53年度	4,638	267	4,905	—	313	5,218	109.3	113.6	109.6	—	108.7	109.5
54年度上期	2,309	100	2,409	—	167	2,576	98.0	74.3	96.7	—	115.2	97.8
54年度下期	2,311	75	2,386	—	176	2,562	101.2	57.3	98.8	—	104.8	99.2
54年度	4,620	175	4,795	—	343	5,138	99.6	65.5	97.8	—	109.6	98.5
55年度上期	2,099	87	2,186	—	137	2,323	90.9	87.0	90.7	—	82.0	90.2
55年度下期	2,134	96	2,230	—	150	2,380	92.3	128.0	93.5	—	85.2	92.9
55年度	4,233	183	4,416	—	287	4,703	91.6	104.6	92.1	—	91.5	91.5
56年度上期	1,977	103	2,080	—	135	2,215	94.2	118.4	95.2	—	98.5	95.4
56年度下期	2,105	99	2,204	4	139	2,347	98.6	103.1	99.0	—	92.7	98.6
56年度	4,082	202	4,284	4	274	4,562	96.4	110.4	97.0	—	95.5	97.0
57年度上期	1,838	96	1,934	45	124	2,103	93.0	93.2	93.0	—	91.1	94.9
57年度下期	2,105	88	2,193	142	136	2,471	100.0	88.9	99.5	355.0	97.1	105.3
57年度	3,943	184	4,127	187	260	4,574	96.6	91.1	96.3	467.5	94.2	100.3
58年度上期	1,917	83	2,000	236	121	2,357	104.3	86.5	103.4	524.4	98.4	110.7
58年度下期	2,033	94	2,127	304	133	2,564	96.6	106.8	97.0	214.1	98.5	103.8
58年度	3,950	177	4,127	540	254	4,921	100.2	96.2	100.0	288.8	98.4	107.6
7~9月	1,033	41	1,074	216	60	1,350	100.1	93.2	99.8	162.4	103.3	106.3
59年度上期	1,915	79	1,994	403	119	2,516	99.9	95.2	99.7	170.8	101.7	106.7
12月	394	11	405	83	24	512	106.8	61.1	104.7	140.7	104.3	109.2
10~12月	1,197	43	1,240	193	73	1,506	101.9	86.0	101.2	143.0	104.3	105.3
60.1月	179	14	193	71	22	286	114.7	87.5	112.2	129.1	104.8	115.3
2月	243	12	255	67	21	343	114.1	85.7	111.8	126.4	100.0	114.0
3月	465	14	479	72	19	570	95.1	93.3	95.2	118.0	90.5	97.4
1~3月	887	40	927	210	62	1,199	103.4	90.9	102.8	124.3	98.4	105.7
59年度下期	2,084	83	2,167	403	135	2,705	102.5	88.3	101.9	132.6	101.5	105.5
59年度	3,999	162	4,161	806	254	5,221	101.2	91.5	100.8	149.3	100.0	106.1
60.4月	302	12	314	59	18	391	93.8	92.3	93.7	83.1	94.7	92.0
5月	238	9	247	60	19	326	86.2	69.2	85.5	107.1	95.0	89.3
6月	258	12	270	62	17	349	90.6	103.4	91.2	103.5	85.2	92.8
4~6月	798	33	831	181	54	1,066	90.4	88.2	90.2	97.0	91.9	91.4
7月	356	12	368	68	18	454	99.0	84.8	98.1	113.2	101.4	100.5
8月	320	12	332	72	20	424	97.7	96.1	99.4	97.2	95.0	97.5
9月	293	15	308	67	20	394	83.2	110.2	84.3	80.2	94.7	84.0
7~9月	969	39	1,008	207	58	1,272	93.2	94.6	93.9	95.6	96.8	93.8
60年度上期	1,767	72	1,839	388	112	2,338	92.3	91.1	92.2	96.3	94.1	92.9
10月	350	12	362	60	25	447	89.7	76.4	89.2	111.0	101.6	92.2
11月	375	11	386	72	24	482	90.9	65.8	90.0	127.3	99.9	94.6

(注) (1)通産省エネルギー統計月報 60年11月確報

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

(3)道路用ストレート・アスファルト=内需量合計-(ブローンアスファルト+燃焼用アスファルト+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	(105) 東京都港区芝浦1-1-1	03(798)3400
エッソ石油株式会社	(107) 東京都港区赤坂5-3-3	03(584)6211
富士石油株式会社	(100) 東京都千代田区大手町1-2-3	03(211)6531
出光興産株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内3-1-1	03(213)3111
海南石油精製株式会社	(100) 東京都千代田区永田町2-4-3	03(580)3571
鹿島石油株式会社	(102) 東京都千代田区紀尾井町3-6	03(265)0411
興亜石油株式会社	(100) 東京都千代田区大手町2-6-2	03(241)8631
コスモ石油株式会社	(105) 東京都港区芝浦1-1-1	03(798)3200
共同石油株式会社	(100) 東京都千代田区永田町2-11-2	03(593)6055
極東石油工業株式会社	(100) 東京都千代田区大手町1-7-2	03(270)0841
三菱石油株式会社	(105) 東京都港区虎ノ門1-2-4	03(595)7069
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)4691
日本アスファルト株式会社	(102) 東京都千代田区平河町2-7-6	03(234)5021
日本鉱業株式会社	(105) 東京都港区虎ノ門2-10-1	03(582)2111
日本石油株式会社	(105) 東京都港区西新橋1-3-12	03(502)1111
日本石油精製株式会社	(105) 東京都港区西新橋1-3-12	03(502)1111
三共油化工業株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内1-4-2	03(284)1911
西部石油株式会社	(100) 東京都千代田区大手町1-1-3	03(215)3081
昭和シェル石油株式会社	(100) 東京都千代田区霞が関3-2-5	03(580)0111
昭和四日市石油株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内2-7-3	03(215)1645
東亜燃料工業株式会社	(100) 東京都千代田区一ツ橋1-1-1	03(286)5111
東北石油株式会社	(985) 宮城県仙台市港5-1-1	02236(3)1111

〔ディーラー〕

● 北海道

アサヒレキセイ(㈱)札幌支店	(060) 札幌市中央区大通西10-4	011(281)3906	日	アス
中西瀝青(㈱)札幌出張所	(060) 札幌市中央区北2条西2	011(231)2895	日	石
㈱南部商会札幌営業所	(060) 札幌市中央区北2条西2-15	011(231)7587	日	石
レキセイ商事株式会社	(060) 札幌市中央区北4条西12	011(231)5931	出	光
株式会社ロード資材	(060) 札幌市中央区北1条西10-1-11	011(281)3976	コス	モ
東光商事(㈱)札幌営業所	(060) 札幌市中央区南大通り西7	011(261)7957	三	石
㈱トーアス札幌営業所	(060) 札幌市中央区北2条西2	011(281)2361	共	石
鳴井石油株式会社	(060) 札幌市中央区南4条西11-1292-4	011(518)2771	コス	モ

社団法人 日本アスファルト協会会員

社 名	住 所	電 話
<b>● 東 北</b>		
アサヒレキセイ㈱仙台支店	(980) 宮城県仙台市中央3-3-3	0222(66)1101日アス
㈱木畑商会仙台営業所	(980) 宮城県仙台市中央2-1-17	0222(22)9203共石
カメイ株式会社	(980) 宮城県仙台市国分町3-1-18	0222(64)6111日石
宮城石油販売株式会社	(980) 宮城県仙台市東7番丁102	0222(57)1231三石
中西瀝青㈱仙台営業所	(980) 宮城県仙台市中央2-1-30	0222(23)4866日石
㈱南部商会仙台出張所	(980) 宮城県仙台市中央2-1-17	0222(23)1011日石
有限会社 男鹿興業社	(010-05)秋田県男鹿市船川港船川字化世沢178	01852(3)3293共石
菱油販売㈱仙台支店	(980) 宮城県仙台市国分町3-1-1	0222(25)1491三石
正興産業㈱仙台営業所	(980) 宮城県仙台市国分町3-3-5	0222(63)5951三石
竹中産業㈱新潟営業所	(950) 新潟市東大通1-4-2	0252(46)2770昭和シェル
常盤商事㈱仙台支店	(980) 宮城県仙台市上杉1-8-19	0222(24)1151三石
<b>● 関 東</b>		
アサヒレキセイ株式会社	(104) 東京都中央区八丁堀3-3-5	03(551)8011日アス
朝日産業株式会社	(103) 東京都中央区日本橋茅場町2-7-9	03(669)7878日アス
アスファルト産業株式会社	(104) 東京都中央区八丁堀4-11-2	03(553)3001昭和シェル
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)5211日アス
富士鉱油株式会社	(105) 東京都港区新橋4-26-5	03(432)2891コスモ
富士石油販売株式会社	(103) 東京都中央区日本橋2-13-12	03(274)2061共石
富士油業㈱東京支店	(106) 東京都港区西麻布1-8-7	03(478)3501日アス
パシフィック石油商事株式会社	(103) 東京都中央区日本橋蛎殻町1-17-2	03(661)4951モービル
伊藤忠燃料株式会社	(107) 東京都港区赤坂2-17-22	03(584)8555共石
関東アスファルト株式会社	(336)埼玉県浦和市岸町4-26-19	0488(22)0161昭和シェル
株式会社 木 畑 商 会	(104) 東京都中央区八丁堀4-2-2	03(552)3191共石
国光商事株式会社	(165) 東京都中野区東中野1-7-1	03(363)8231出光
丸紅エネルギー株式会社	(102) 東京都千代田区神田錦町3-7-1	03(293)4111モービル
三菱商事株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内2-6-3	03(210)6290三石
三井物産石油株式会社	(101) 東京都千代田区神田駿河台4-3	03(293)7111極東石
中西瀝青株式会社	(103) 東京都中央区八重洲1-2-1	03(272)3471日石
株式会社 南 部 商 会	(100) 東京都千代田区丸の内3-4-2	03(213)5871日石
日東石油販売株式会社	(104) 東京都中央区新川2-8-3	03(551)6101昭和シェル
日東商事株式会社	(170) 東京都豊島区巣鴨3-39-4	03(915)7151昭和シェル
瀝青販売株式会社	(103) 東京都中央区日本橋2-16-3	03(271)7691出光
菱東石油販売株式会社	(105) 東京都港区芝5-29-20	03(798)5311三石
菱洋通商株式会社	(104) 東京都中央区銀座6-7-18	03(571)5921三石
菱油販売株式会社	(160) 東京都新宿区西新宿1-20-2	03(345)8205三石
三徳商事㈱東京支店	(101) 東京都千代田区神田紺屋町11	03(254)9291昭和シェル
㈱澤田商行東京支店	(104) 東京都中央区入船1-7-2	03(551)7131コスモ
新日本商事株式会社	(101) 東京都千代田区神田錦町2-7	03(294)3961昭和シェル
住商石油アスファルト株式会社	(160-91)東京都新宿区西新宿2-6-1	03(345)3904出光
大洋商運株式会社	(103) 東京都中央区日本橋本町3-7	03(245)1632三石
竹中産業株式会社	(101) 東京都千代田区鍛冶町1-5-5	03(251)0185昭和シェル
東光商事株式会社	(104) 東京都中央区京橋1-5-12	03(274)2751三石
株式会社 ト 一 ア ス	(160) 東京都新宿区西新宿2-7-1	03(342)6391共石

社団法人 日本アスファルト協会会員

社 名	住 所	電 話
東京富士興産販売株式会社	(105) 東京都港区虎ノ門1-13-4	03 (591) 3401 日アス
東京レキセイ株式会社	(150) 東京都渋谷区恵比寿西1-9-12	03 (496) 8691 日アス
東新瀬青株式会社	(103) 東京都中央区日本橋2-13-5	03 (273) 3551 日石
東洋国際石油株式会社	(104) 東京都中央区八丁堀3-3-5	03 (552) 8151 日アス
東和産業株式会社	(174) 東京都板橋区坂下3-29-11	03 (968) 3101 三共油化
梅本石油株式会社	(162) 東京都新宿区揚場町9	03 (269) 7541 コスモ
ユニ石油株式会社	(101) 東京都千代田区神田東糸屋町30	03 (256) 3441 昭和シェル
渡辺油化興業株式会社	(107) 東京都港区赤坂3-21-21	03 (582) 6411 昭和シェル
<b>● 中 部</b>		
アサヒレキセイ㈱名古屋支店	(466) 名古屋市昭和区塩付通4-9	052 (851) 1111 日アス
丸福石油産業株式会社	(933) 富山県高岡市美幸町2-1-28	0766 (22) 2860 昭和シェル
松村物産株式会社	(920) 石川県金沢市広岡2-1-27	0762 (21) 6121 三石
三谷商事株式会社	(910) 福井県福井市中央3-1-5	0776 (20) 3111 モービル
名古屋富士興産販売㈱	(451) 名古屋市西区城西4-28-11	052 (521) 9391 日アス
中西瀬青㈱名古屋営業所	(460) 名古屋市中区錦町1-20-6	052 (211) 5011 日石
三徳商事㈱静岡営業所	(420) 静岡市紺屋町11-12	0542 (55) 2588 昭和シェル
三徳商事㈱名古屋支店	(453) 名古屋市中村区則武1-10-6	052 (452) 2781 昭和シェル
株式会社三油商会	(460) 名古屋市中区丸の内2-1-5	052 (231) 7721 日アス
株式会社澤田商行	(454) 名古屋市中川区富川町1-1	052 (361) 7151 コスモ
新東亜交易㈱名古屋支店	(450) 名古屋市中村区名駅3-28-12	052 (561) 3514 日アス
静岡鉱油株式会社	(424) 静岡県清水市袖師町1575	0543 (66) 1195 モービル
竹中産業㈱福井営業所	(910) 福井県福井市大手2-4-26	0766 (22) 1565 昭和シェル
株式会社田中石油店	(910) 福井県福井市毛矢2-9-1	0776 (35) 1721 昭和シェル
富安産業株式会社	(930-11) 富山市若竹町2-121	0764 (29) 2298 昭和シェル
<b>● 近畿</b>		
赤馬瀬青工業株式会社	(531) 大阪市大淀区中津3-10-4-304	06 (374) 2271 モービル
アサヒレキセイ㈱大阪支店	(550) 大阪市西区南堀江4-17-18	06 (538) 2731 日アス
千代田瀬青株式会社	(530) 大阪市北区東天満2-8-8	06 (358) 5531 三石
飯野産業㈱神戸営業所	(650) 兵庫県神戸市中央区江戸町98	078 (391) 8965 共石
富士アスファルト販売株式会社	(550) 大阪市西区京町堀2-3-19	06 (441) 5195 日アス
平和石油株式会社	(530) 大阪市北区中之島3-6-32	06 (443) 2771 昭和シェル
平井商事株式会社	(542) 大阪市南区長堀橋筋1-43	06 (252) 5856 日アス
木曾通産㈱大阪支店	(550) 大阪市西区九条南4-11-12	06 (581) 7216 日アス
株式会社松宮物産	(522) 滋賀県彦根市幸町32	07492 (3) 1608 昭和シェル
丸和鉱油株式会社	(532) 大阪市淀川区塚本2-14-17	06 (301) 8073 コスモ
三菱商事㈱大阪支社	(530) 大阪市北区堂島浜1-1-5	06 (343) 1111 三石
株式会社ナカムラ	(670) 兵庫県姫路市国府寺町甲14	0792 (85) 2551 共石
中西瀬青㈱大阪営業所	(532) 大阪市北区西天満3-11-17	06 (303) 0201 日石
大阪アスファルト株式会社	(531) 大阪市大淀区豊崎5-8-2	06 (372) 0031 出光
株式会社菱芳礦産	(671-11) 兵庫県姫路市広畑区西夢前台7-140	0792 (39) 1344 共石
三徳商事株式会社	(532) 大阪市淀川区新高4-1-3	06 (394) 1551 昭和シェル
正興産業株式会社	(662) 兵庫県西宮市久保町2-1	0798 (22) 2701 三石
㈱シェル石油大阪発売所	(552) 大阪市港区南市岡1-11-11	06 (584) 0681 昭和シェル

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)	兵庫県姫路市飾磨区南細江995	0792 (33) 0555	共	石
アサヒレキセイ(㈱)広島支店	(730)	広島市田中町5-9	0822 (44) 6262	日	アス
富士商株式会社	(756)	山口県小野田市稻荷町6539	08368 (3) 3210	昭和	シェル
共和産業株式会社	(700)	岡山県岡山市富田町2-10-4	0862 (33) 1500	共	石
信和興業株式会社	(700)	岡山県岡山市西古松363-4	0862 (41) 3691	三	石
中国富士アスファルト株式会社	(711)	岡山県倉敷市児島味野浜の宮4051	0864 (73) 0350	日	アス
<b>●四国・九州</b>					
アサヒレキセイ(㈱)九州支店	(810)	福岡市中央区鳥飼1-3-52	092 (771) 7436	日	アス
畑礦油株式会社	(804)	北九州市戸畠区牧山新町1-40	093 (871) 3625	コスモ	
平和石油(㈱)高松支店	(760)	高松市番町5-6-26	0878 (31) 7255	昭和	シェル
今別府産業株式会社	(890)	鹿児島市新栄町15-7	0992 (56) 4111	共	石
伊藤忠燃料(㈱)福岡支店	(812)	福岡市博多区博多駅前3-2-8	092 (471) 3877	共	石
株式会社カンド	(892)	鹿児島市住吉町1-3	0992 (24) 5111	昭和	シェル
丸菱株式会社	(812)	福岡市博多区博多駅前4-3-22	092 (431) 7561	昭和	シェル
中西瀝青(㈱)福岡出張所	(810)	福岡市中央区天神4-1-18	092 (771) 6881	日	石
㈱南部商会福岡出張所	(810)	福岡市中央区舞鶴1-1-5	092 (721) 4838	日	石
西岡商事株式会社	(764)	香川県仲多度郡多度津町家中3-1	08773 (3) 1001	三	石
菱油販売(㈱)九州支店	(805)	北九州市八幡東区山王1-17-11	093 (661) 4868	三	石
三協商事株式会社	(770)	徳島市万代町5-8	0886 (53) 5131	日	アス
サンヨウ株式会社	(815)	福岡市南区玉川町4-30	092 (541) 7615	日	アス

編集顧問

多田宏行  
萩原 浩  
松野三朗

編集委員

安座上陽三	今井武志	真山治信	林 誠之
阿部忠行	井町弘光	白神健児	藤井治芳
荒井孝雄	太田健二	戸田 透	真柴和昌
安崎 裕	河野 宏	南雲貞夫	
飯島 尚	小島逸平	服部亮二	

アスファルト 第147号

昭和61年4月発行

社団法人 日本アスファルト協会

〒105 東京都港区虎ノ門2-6-7 TEL 03-502-3956

本誌広告一手取扱 株式会社 廣業社

〒104 東京都中央区銀座8-2-9 TEL 03-571-0997代

**ASPHALT**

Vol. 29 No. 147 APRIL 1986

Published by

**THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION**