

## 第5回 アスファルトの規格試験とその意義 (1)

阿 部 頼 政\*

### 1. はじめに

前回までアスファルトの材料特性を色々と述べてきたが、かなり複雑だな、という印象を受けられたかと思う。いわゆる理学者にとっては、この複雑な現象を理論的に解明すること自体が目的になり得ようが、我々工学にたずさわる者、特に現場技術者にとっては、ものを作ることが最大の目的である。したがって、アスファルトがいかに複雑な物質であり、理論的に解明することがむずかしいとしても、それを上手に使う立派な舗装を作ることが当然のことながら要求されるわけである。この場合、理論的な根拠があれば、それにこしたことはないが道路舗装、特にアスファルト舗装は、かなり経験工学的な色彩が濃くなる。つまり、何故かはよくわからないが、過去の経験からこのようにして舗装をつくれれば良いものができるということをおおむね知っており、それをもとにして設計・施工しているのである。この経験から得られた知識を集大成したものが「アスファルト舗装要綱」であると思えばよいであろう。

アスファルトの性質を完全に記述できるような理論はもちろん存在しないから、舗装要綱では、過去の経験から舗装に使用するアスファルトは、このようなものが望ましいという範囲を種々の角度から規定している。これが「舗装用アスファルトの規格」と呼ばれるものでありこれに関連した試験を「規格試験」と呼んで重視しているのである。今回からこの規格試験について述べていきたいと思う。

### 2. 規格試験の意義

アスファルトはコロイド構造を持つと言われ、また力学的には粘弾性物質の仲間に入る。コロイドとか粘弾性というのはきわめて複雑な現象であり、現代の科学でも研究はまだまだ初歩的段階にあると言っても過言ではない。したがって、アスファルトの性質もきわめてとらえにくいわけであるが、「舗装に使用して望ましいアスファルト」と工学的な目的に限定すれば、これはある程度

その性質を規定することができる。すなわち、常温でも液状を示すような軟らかいアスファルトは舗装に使用できないし、かといって、200℃に温めてもなおかつ半固体状であるようなかたいアスファルトも使えない。つまり、かたさ、についてはある範囲内のアスファルトでなければ舗装には使えないわけである。また、骨材との混合時に適当なかたさであっても、プラントで加熱している間に揮発分が大量に蒸発してしまっただけで残ったアスファルトがかたくなるのも耐久性の面から問題がある。したがって蒸発後のかたさにも制限が必要になる。さらに骨材を被覆するには適当な伸びやすさが必要であろうしプラントで加熱する関係上、引火しやすいアスファルトも困る。

以上のように考えてくると、アスファルトの本質を云々する議論とは別に、実用上、この性質に関してはこのような範囲のアスファルトが舗装には適当であるという制限がでてくる。このような観点のもとに長い間、経験と実験が積み重ねられ、現在の「舗装用石油アスファルトの規格」(表-1)ができあがったわけである。

この規格の意義を図-1でもう一度考察してみよう。図でAという集合はアスファルト全体とする。その中で舗装に適するアスファルトの集合B(点線)については明確にはわからないが、経験から大略この範囲であろうという検討はつけられる。舗装要綱の規格は、アスファルトをこの範囲の中に押し込めようとする集中荷重群のようなものと考えることができる。つまり、種々の角度から圧力を加えて、アスファルトというところのない物質をBの範囲外にはみ出ないようにしようとするものである。この場合、全体を包むような分布荷重ではなく一方の集中荷重であるということに注意してほしい。矢印に向っている方向(表-1, 7種の規格)についてはかなり規制されているが、それ以外に規制すべき方向(例えば $\gamma$ )の存在する可能性があるからである。また現在の規格でも、規制しすぎたり(b, e), 規制がたりなかったり(d), さらになんの意味も持たない規制(f)もあるかも知れない。これらは今後も少しずつ改良されていくべきものであろう。以上のような模式図を通

\* 日本大学理工学部 講師

して筆者が言いたいことは、舗装要綱の規格はこれまでの知識を最もよく集約したものではあるが、決して完全なものではないこと、むしろ大筋だけをとらえたものだということを常に念頭においてアスファルトを取り扱ってほしいということである。最近発表された「暫定規格」も図-1ではみだしている部分や規制の弱すぎる部分を修正しようとしたものと解釈してよかろう。

以上の規格は、それぞれJIS（日本工業規格）に定められた試験法に基づいているわけであるが、これらの試験を規格に關係する試験という意味で我々は便宜上、「規格試験」と呼んでいる。この規格試験の最大の特徴は誰でも手軽に試験できるという簡略さにある。これは、道路舗装という目的がある以上、研究室でしかできないような試験では意味がなく、現場の仮小屋程度の実験室で簡単に試験でき、品質管理に役だてようとするからである。したがって、道路技術者にとっては最も身近にあり、また最も熟知すべき問題であると考えられる。

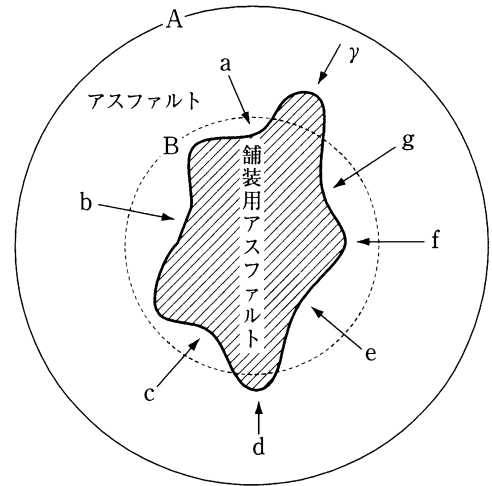
### 3. 暫定規格について

現行のアスファルト舗装要綱は昭和42年度に制定されたもので、もうすでに7年経過している。最近、この要綱を改訂しようとする気運が高まりつつあるが、舗装の主要材料であるアスファルトの品質規格についてもその

表-1 舗装用石油アスファルトの規格（日本道路協会規格）

舗装用石油アスファルトはJIS K2207石油アスファルトのストレートアスファルトであって、その品質は日本道路協会規格に適合したものでなければならない。日本道路協会規格は下表に示すとおりである。							
種類	針入度 (25℃ 100g 5秒)	軟化点 ℃	伸度 (15℃)	蒸発量 %	蒸発後の 針入度 (現針入度 に対して) %	四塩化炭素可 溶分 %	引火点 ℃
60~80	60~80	43.0~53.0	100 以上	0.3 以下	75以上*	99.5 以上	240以上
80~100	80~100	41.0~51.0					0.5 以下
100~120	100~120	40.0~50.0					
120~150	120~150	38.0~48.0					
* 軟化点47.5℃以上のものの蒸発後の針入度は80%以上が望ましい。 (備考) 比重および粘度温度関係を付記することが望ましい。比重および粘度温度関係の試験方法は受渡当事者間の協定による。							

図-1 規格試験の意味



<注> a, b, …, gは規格をあらわす。

例外ではなく、数年前から種々の問題が提起されてきた。現規格を改訂しようとする背景には、供用後のアスファルト舗装に生ずる種々の欠陥の中でアスファルトの品質に原因があると考えられる部分があるからであって、単に要綱が古くなったからという理由でないことはいうまでもない。日本道路協会では、昭和46年8月、舗装委員会のもとにアスファルト小委員会を設け、材料について詳しい検討を始めた。そして、最近10年間におけるアスファルト舗装の各種欠陥状況ならびにアスファルトの品質を考慮し、さらにわが国で製造された代表的アスファルト試料60~80（針入度）16個、80~100 23個について共同試験を行ないその結果に基づいて、現規格の修正を行ない、舗装用石油アスファルトの暫定規格を作っ

表-2 舗装用石油アスファルトの暫定規格

舗装用石油アスファルトは均質で水分を含まず、180℃まで加熱してもあわ立たないものであって、下表の規定に適合しなければならない。		
なお120℃、140℃、160℃、180℃、における動粘度をCGS単位で明示しなければならない。他の測定器によって測定して動粘度を算出した場合は測定器の型式と換算式とを示さなければならない。		
種類	60~80	80~100
針入度 (25℃, 100g, 5秒)	60を越え80以下	80を越え100以下
軟化点 ℃	44.0~52.0	42.0~50.0
伸度 (15℃) cm	100以上	100以上
蒸発減量 <sup>1)</sup>	0.3以下	0.3以下
蒸発後の針入度 (原針入度に対して) %	80以上	80以上
蒸発後の針入度比 % <sup>2)</sup>	110以下	110以下
薄膜加熱減量 % <sup>1)</sup>	0.6 %	0.6 %
薄膜加熱後の針入度 %	55以上	50以上
四塩化炭素可溶分 %	99.5 %	99.5 %
引火点 ℃	260 %	260 %
比重 (25℃/25℃)	1.000 %	1.000 %

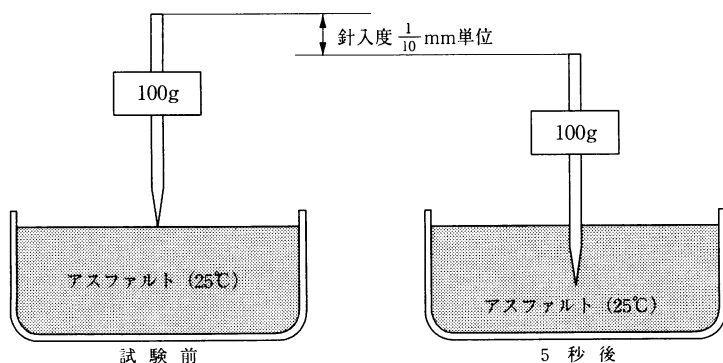
(注) 1) 減量は増量となる場合もある。  
2) 蒸発後の針入度比  
=  $\frac{\text{蒸発後の針入度 (蒸発量試験操作終わったままの試料)}}{\text{蒸発後の針入度 (JIS K2207による)}} \times 100\%$

た<sup>1)</sup>。なお、ここで暫定規格としたのは、現行のアスファルト舗装要綱が全面改訂の段階に至っておらず、その内容ごとに技術の進歩にあわせて再検討をそれぞれ実施している段階であることから、「暫定」の名称を付したものである<sup>2)</sup>。この暫定規格を表-2に示した。この内容については昆布谷<sup>1)</sup>、藤井<sup>2)</sup>が詳しく解説しているのは是非一読されたい。ここでは、両者の解説を参考にしながら、現要綱と暫定規格の相違点を明らかにしておく。なお、個々の試験法、数値等に関しては、次節以下で紹介するつもりである。

#### 暫定規格の主な改正点

- (1) 現規格では品質の一般規定に「均質でほとんど水分を含まず、175℃に加熱したとき著しくあわ立たないもの」とあるが、現在使用されているアスファルトは、十分この規定を満足するという判断から、「ほとんど」および「著しく」の表現を消し、さらに「175℃に」を「180℃まで」と改められた。これは要綱のアスファルト混合物の混合温度が185℃になっているので、それに近い値をとったものである。
- (2) 高温粘度は現規格では「粘度温度関係を付記することが望ましい」の表現であるが、120℃、140℃、160℃、180℃の4温度での動粘度をCGS単位で明示することになった。これはアスファルトの粘度が温度変化に対してきわめて敏感なため、その変化の様子に技術者の注意を向けたい意味と、将来さらに改訂するときの参考資料にするためと思われる。
- (3) 軟化点は現在、43～53℃（針入度60～80のもの）41～51℃（80～100）と10℃の幅を持たせて規定してあるが、この範囲が上下限とも狭まり、44～52℃（60～80）42～50℃（80～100）になった。
- (4) 蒸発減量は増量になる場合もあることから注記された。

図-2 針入度試験の原理（標準条件）



- (5) 蒸発後の針入度は現規格では75%以上であり「軟化点47.5℃以上のものは80%以上が望ましい」となっているが、すべて80%以上に規定された。
- (6) 引火点は240℃以上が260℃以上にあげられた。
- (7) 比重は現規格では「付記することが望ましい」の表現であるが、規格の項目にあげられた。
- (8) 薄膜加熱試験および針入度比は今回新たに加えられた項目である。（これについては後に稿を改めて説明する）。

以上、改正された点を見ると、現規格よりも暫定規格の方が色々な角度から厳しくなっていることがわかる。

また、「望ましい」という表現がなくなり規格として採用されたものも多い。これらの改正による効果がアスファルト舗装の供用性にどの程度反映されるかは、これから何年か追跡調査をしてみなければわからないが、とにかくアスファルトの品質が今後は暫定規格によって支配されることを考えれば、アスファルトにとっては一つの新しい時代に突入したといってもよいであろう。

#### 4. 針入度試験とその意義

規格試験の中でも針入度試験は最も代表的なものである。これは、1889年、Bowenによって提案されたものと言われているが<sup>3)</sup>、その後改良を加えて現在の方法となったものである。他の規格試験もほとんどそうであるが、針入度試験はアスファルト材料だけのために開発されたものである。つまり、アスファルトの性質は一般に他の材料で行なわれるような試験では表わし得ないということの意味しているのであろう。この試験の原理はきわめて単純で、おもりをつけた細い針（マシン針程度）を自重で一定時間アスファルトに貫入させ、その貫入深さを測定するものである（図-2）。そして、貫入深さを10分の1mm単位で表わし、アスファルトのかたさを判別しようとするものである。つまり、アスファルトがかたければ、針はなかなか貫入しないから針入度としては小さいし、アスファルトがやわらかければ貫入しやすいため針入度が大きくなる。通常アスファルトの種類は60～80のように表現されるが、これは針入度によるものであって、標準的な条件（重さ100g、温度25℃、貫入時間5秒）で針が6mm～8mm程度貫入するかたさのアスファルトであることを意味している。試験法の詳細はJIS K 2530を参照していただくとして、ここではその概略と針入度によってアスファルトの性質がどのように表現されるかを考察することにしよう。

### (1) 針入度の試験方法

針入度の試験に必要な装置は、針入度計、針、試料容器、ガラスザラと三脚形金属台である。以下これらを簡単に説明しよう。

①針入度計：規定の荷重で規定の針を試料中に垂直に貫入できるもので、針の貫入した長さを10分の1mmの単位まで読みとることのできる目盛板を備えている。この装置で荷重と針は簡単に取りはずしができようになっている。

②針：直径1.00～1.02mm、長さ約50.8mmの鋼製丸棒の先端を円すい形に研磨したものである。JISでは研磨の角度や、仕上げについても厳重に規格してあるが、不良品があったり、度々使用しているうちに先端が曲がってしまうものもあるので注意しなければならない。

③試料容器：内径約55mm、深さ約35mmの金属製またはガラス製で平底円筒形のものを用いる。やわらかいアスファルト（針入度200以上）の場合は、底についてしまうおそれがあるのでとくに内径70mm、深さ50mmのものを用いる。

④ガラスザラと三脚形金属台：図-3に示すような内径約110mm、深さ60～90mmのガラスザラと、試料容器を載せる三脚形金属台である。測定時にはこのガラスザラの中に所定の温度の水を入れて恒温水槽の役割をさせるわけであるが、試験温度と室温の差が大きいときには、試験中に温度変化がおきるので注意を要する。

以上の装置を使用して針入度を測定するわけであるがその手順は次のとおりである。

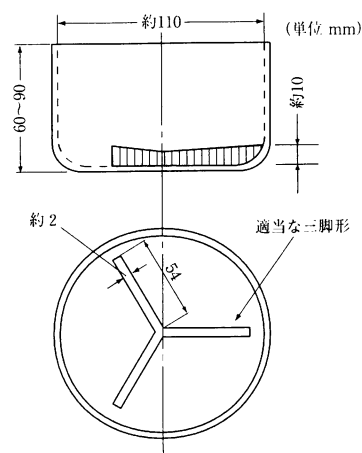
①試料を部分的に加熱しないようになるべく低温で溶融する。注意して均一に溶かした試料を試料容器に流し込む。このときの深さは、目的とする試験温度や試料の性質などを考慮して予想される貫入深さよりも10mm以上深くする。

②試料が冷えるまで約1～1.5時間試料容器を室温に放置する。次に試験温度 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ に保った恒温水槽中に1～1.5時間入れておく。このとき、針、ガラスザラと三脚形金属台も恒温水槽中に入れる。これは、次の測定の間の温度変化をできるだけ防ぐためである。

③ガラスザラの中の三脚形金属台に試料容器を載せ、水を満たしたまま試験台にセットする。ガラスザラから針を取り出し、所定のおもりをつけて針入度計に取りつけ、針の先端を試料の表面に一致させて、目盛板をゼロに合わせる。

④ストップウォッチで時間をはかりながら、おもりと針を支えている留金をはずして自重により貫入させ、所定の時間が過ぎたところで貫入をとめ、目盛板の示度を読む。

図-3 ガラスザラおよび三脚形金属台



⑤同一材料について3回以上測定する。この場合、前に貫入した位置から10mm以上離れた点を選ぶようにする。

以上、針入度試験の概略を述べた。文章で書くと多少複雑そうに思えるかも知れないが、針入度計などの実物を見ながら説明を聞くとすぐにわかる試験である。しかし、筆者が東京工業大学に在職中、学生実験を見てきた感じでは他の規格試験に比べてこの針入度試験の精度が一番悪かったようである。そしてその原因は、針入度試験では温度管理や、時間測定など注意すべき点が多いためではなかったかと思う。細かい注意点については、JISや他の参考書<sup>1) 5)</sup>にも載っていることなのでここではあまり触れなかったが、要はとにかく自分で実験してみることである。自分の手を汚して体得したものは、技術者にとって最良の知識であると思う。その意味でも、針入度試験もやったことのない人が、アスファルト材料を云々しても信用できないのではないかと筆者は考えている。

### (2) 標準試験条件

針入度は以上の試験によって求められるが、同じ材料でも荷重の大きさ、貫入時間、試験温度によってその値が大きく異なる。そこで統一をとるためにJISでは、荷重100g、温度 $25^{\circ}\text{C}$ 、貫入時間5秒を標準試験条件として定めてある。この標準条件は、諸外国でも同じである<sup>6) 7)</sup>。なお、この条件以外に、特殊な目的で試験条件を変える場合もあるので、表-3、表-4にそれぞれJISとASTM<sup>6)</sup>の規格を例示した。

### (3) 試験値の精度

試験の結果は一般に何個かの測定値の平均であらわされるが、平均値は同じでも、その内容によって信用できるものとできないものがある。測定値には、通常誤差が含まれるが、誤差はその性格により「バラツキ」と「カ

表-3 J I S の試験条件

温度 °C	荷重 g	時間 秒
0	200	60
* 25	100	5
46	50	5

表-4 A S T M<sup>6)</sup> の試験条件

温度	荷重	時間 秒
32°F (0°C)	200	60
39.2°F (4°C)	200	60
* 77°F (25°C)	100	5
115°F (46.1°C)	50	5

タヨリ、に分けられる。たとえば、測定値が、29, 30, 31の平均は30であるが、25, 30, 35の平均も30である。前者はバラツキが少ない。一方10人が3個ずつの測定をして全体の平均が30なのに、そのうちの一人は34, 35, 30の測定値だったとする。この一人は、測定値にバラツキは少なかったが、カタヨリがあったことになる。すなわち、測定値には、バラツキがあってもカタヨリがあっても困るわけで、針入度試験に対してはこの二つの面をからみあわせて規制が加えられている。

①繰り返し性：同一人、同一装置における2回の試験結果とその平均値 $A_m$ との差が  $\left(\frac{A_m}{100} + 1\right)$  以内ならよいとされている。たとえば、 $A_m$ を100にすると許容差は2となる。

②再現性：別人、別装置における二つの試験室の試験成績とその平均値 $A_p$ との差が  $\left(\frac{A_p}{50} + 2\right)$  ならばよい  $A_p=100$ にすると許容差は4となる。

以上の制限はかなり厳しい感じを受けるかも知れないが、少し熟練すると容易に許容差以内におさまるようである。

### 5. 針入度試験の応用

針入度は常温でのかたさからアスファルトを分類するという点で非常に大きな役割りを果しているが、アスファルトにとっては物理定数的な意味のある基本的な量なので、これを他の方面にも利用しようとする試みがいくつかある。ここでは、その中でも代表的な応用例である粘度への換算と、針入度指数について紹介しよう。

#### (1) 針入度と粘度の関係

針入度はその試験法をみても粘度の簡単な表示法と見られるため、針入度と粘度の関係は古くから研究されてきた。Saalらの一連の研究<sup>8) 9) 10)</sup>はその代表的なものであり、途中、Traxler<sup>11)</sup> その他の批判はあったが、現在

図-4 温度-針入度関係<sup>12)</sup> (針入度50~60の例)

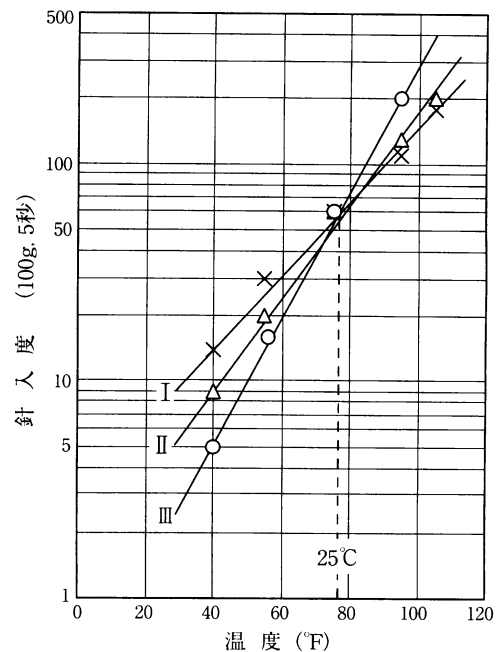
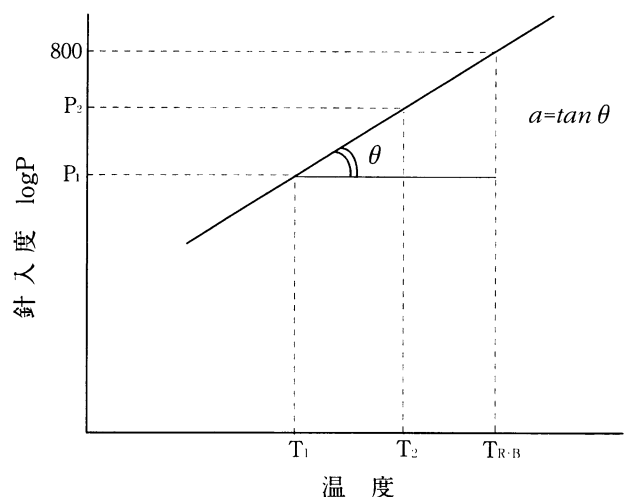


図-5 温度-針入度関係



ではニュートン流動をするアスファルトに対しては、彼らの提案した次の式が成立されるものとされている。

$$\eta = \frac{1.58 \times 10^{10}}{p^{2.16}} \dots\dots(1)$$

$\eta$  : 粘度

$p$  = 標準試験条件における針入度

この関係を使えば、針入度を測定して粘度を知ることができる。

#### (2) 針入度指数 (Penetration Index)

針入度は標準条件が設定されていることからわかるように、あくまで一定条件のもとでのかたさである。したがって、条件が変わったときのかたさは、もはや議論で

きなくなる。たとえば、25℃でAというアスファルトの針入度がBよりも大ききとも30℃では逆転するかも知れないのである。この一例を図-4に示した<sup>12)</sup>。図でI、II、III、の3種のアスファルトは、77°F (25℃)で針入度は同じであるが、温度が変わるとそれぞれ傾きが異なった直線であらわされている。Iのアスファルトは感温性が小さくIIIのアスファルトは感温性が大きい。したがって、アスファルトの重要な性質である感温性を評価するには、ただ一点の針入度を測定するだけではなくいくつかの温度で針入度を測定し温度-針入度曲線の傾きを比較する必要がある。

一般に針入度の対数と試験温度の関係は直線であらわされることが知られているが、図-5における傾むき $a$ は次のようにあらわされる。

$$a = \frac{\log P_2 - \log P_1}{T_2 - T_1} \dots\dots\dots(2)$$

この点に注目して、Pfeifferら<sup>13)</sup>は実験から次の式を提案して針入度指数 (Penetration Index, 略記PI) というものを定めた。

$$a = \frac{20 - PI}{10 + PI} \times \frac{1}{50} \dots\dots\dots(3)$$

PIは $a$ だけによって決まるから傾きの別な表示法と言える。したがって、PIを求める手順は、二つの温度( $T_1$ ,  $T_2$ )においてそれぞれの針入度( $P_1$ ,  $P_2$ )を求め(2)式によって $a$ を求めて(3)式からPIを計算すればよい。しかし、実際には温度を変えて針入度を求めるのが面倒なため、彼等は標準条件における針入度と軟化点からPIを求める次の式と図-6のノモグラフを提案している。

$$a = \frac{\log 800 - \log P}{T_{R.B} - 25} \dots\dots\dots(4)$$

$T_{R.B}$ : 軟化点

$P$ : 標準条件の針入度

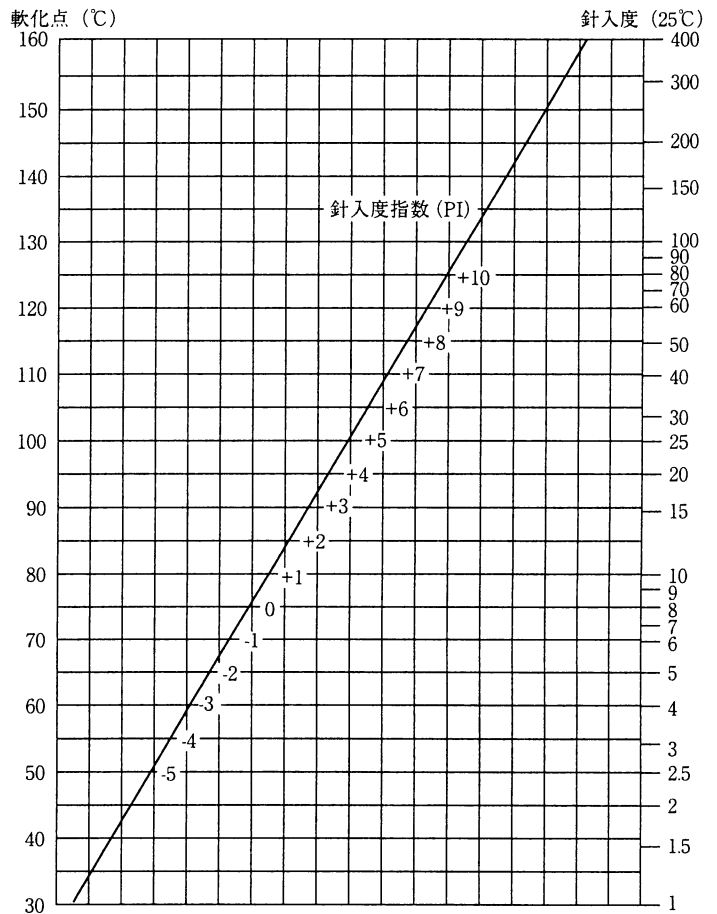
これは軟化点におけるアスファルトの針入度を800と仮定しているわけである。図-6のノモグラフによればPIはきわめて簡単に求められるので便利に使用されている。こうして求められたPIは感温性が大きければ小さく、逆に感温性が小さければPIは大きくなり、感温性の指標としての役割を果たしている。なお、通常のアスファルト舗装に使用されるストレートアスファルトはPIではほぼ-2.0~+2.0の範囲にある。

(以下次号へつづく)

参考文献

1) 「舗装用石油アスファルトの規格改訂 (暫定規格)」アスファルト小委員会 (昆布谷竹郎)「道路」P.86, 9月, 1972  
 2) 「舗装に関する技術基準の取り扱いについて」舗装委員会 (藤井治芳), 「道路」P.89, 3月, 1973

図-6 針入度指数を求めるノモグラフ<sup>13)</sup>



3) L. W. Hatherly, P.C. Leaver, "Asphalt Road Materials" P.19, Edward Arnold (Publishers) Ltd.  
 4) 「アスファルト舗装講座」第2編 日瀝化学工業  
 5) 山之口浩「アスファルトに関する試験法」第2回舗装, P.22, No.7, 1967  
 6) 1971 Annual Book of ASTM Standards P. 9  
 7) "Bituminous Materials in Road Construction", P.497, Road Research Laboratory.  
 8) Saal, R.N.J., Koens, G. "Plastic Properties of Asphaltic Bitumen" Chemical Abstracts, 27, 2795 (1933)  
 9) Saal, R. N. J., Labout, J. W. A. "Relation Between Absolute Viscosity and Penetration of Asphaltic Bitumens" Physics, 7, 408(1936)  
 10) Saal, R.N.J., P.W. Baas and W. Heukelom "The Colloidal Structure of Asphaltic Bitumens," J.Chem. Phys., 43, 235 (1946)  
 11) Traxler, R.N., Pittman, C.U., and Burns, F. B. "Rheological Properties of Asphalt, II. Discussion of Penetration-Viscosity Relationships." Physics, 6, 58 (1935)  
 12) Lewis, R. H., and J.Y. Welborn. "Report on the Properties of the Residues of 50-60 and 85-100 Penetration Asphalts from Oven Tests and Exposure" Proc. A.A.P.T. 12, (1940)  
 13) Pfeiffer, J. P., and P. M. Van Doormaal. "The Rheological Properties of Asphaltic Bitumens." Inst. Petrol. Tech. J., 22, 414 (1936)