

(第 6 回) アスファルトの規格試験とその意義 (2)

阿 部 頼 政 *

6. 軟化点試験とその意義

アスファルトは、低温においては固体状で人間がのってもびくともしないほどの支持力を持つが、温度が上昇するにつれてしだいに軟くなって50℃前後ではパチンコの玉も支えきれなくなり、さらに温度があがると、液状となつてついには釘一本のせてもポチャントと沈んでしまうような状態になる。軟化点試験とは、このうち、パチンコ玉程度のものを支え得る限界の温度を調べる試験と思えばよいであろう。測定の原理はきわめて簡単で、図-1 (a) のような金属製の環 (Ring) にアスファルトをつめ、3.5g の金属球 (Ball) をのせて、温度をあげていけば、金属球の重さとアスファルトの支持力のバランスがくずれた瞬間、金属球は図-1 (b) のように静かに落下するが、その時の温度を軟化点と呼ぶのである。やわらかいアスファルトは温度があまり上昇しないうちに金属球を支えきれなくなるから軟化点は低く、かたいアスファルトはかなり温度があがったところで金属球が落下しはじめるため、軟化点としては高くなる。つまり軟化点試験は、アスファルトのかたさ (あるいはやわらかさ) をはかる一つの尺度となるわけである。前に、アスファルトの粘度の項で、針入度試験も軟化点試験も一種の粘度試験であることを述べたが、ここでもう一度詳しく考察してみよう。図-2でA, B, C三種のアスファルトの温度-粘度曲線が図のように与えられたとする。いま、25℃の温度で各曲線をきると、A, B, Cそれぞれの粘度 η_A , η_B , η_C が求まる。なお、25℃の針入度 P_A , P_B , P_C は前号で述べたように次の式から求めることができる。

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

以上の過程を言いかえれば、25℃で針入度試験を行ない、 P_A , P_B , P_C を求めるということは、25℃での粘度 η_A , η_B , η_C を求めることと一致する。すなわち、針入度試験は、等温度粘度、(ある一定の温度における粘度) を求める試験であると言えよう。

一方、軟化点試験はどういう意味を持っているのである

図-1 軟化点試験の原理

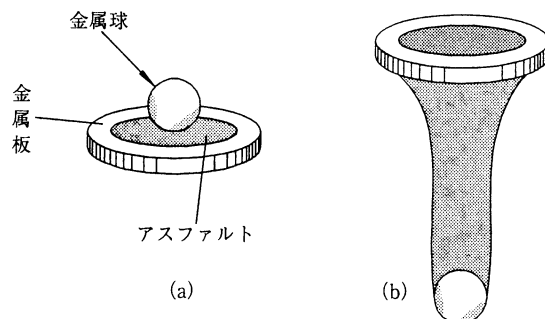


図-2 針入度試験の意味

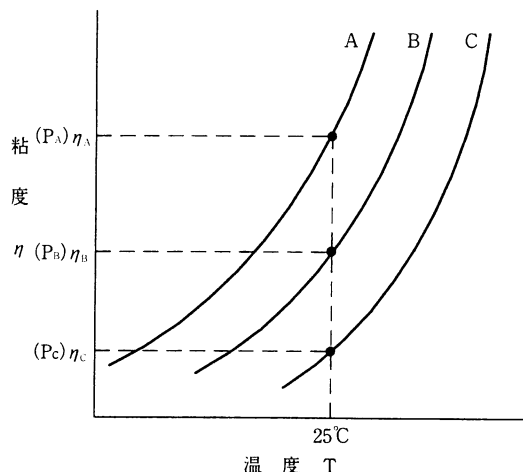
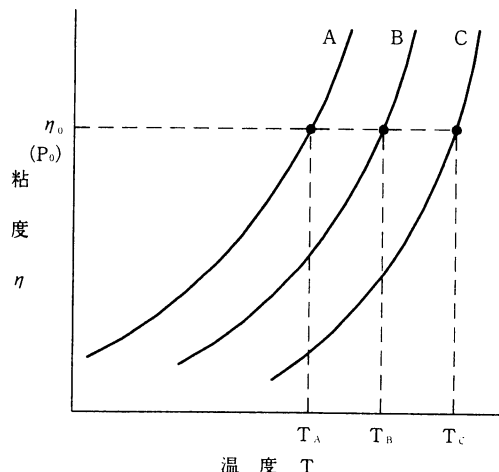


図-3 軟化点試験の意味



* 日本大学理工学部講師

うか。図-3である一定の粘度 η_0 でA, B, Cの8曲線を切ってみよう。この粘度に対応する温度として、 T_A , T_B , T_C が求められる。金属球が落下しはじめる直前のアスファルトのかたさ、すなわち粘度はどんなアスファルトでも同じはずである。この粘度を η_0 と考えれば、A, B, Cそれぞれの軟化点が T_A , T_B , T_C となるわけである。すなわち、軟化点試験は「等粘度温度、(ある一定の粘度に達する温度)を求める試験である」と言えよう。

以上の考え方をさらに進めれば、図-4で針入度の規格は縦軸の範囲で示され、軟化点の規格は横軸で示されることも容易に理解できることと思う。すなわち針入度の規格と軟化点の規格は表裏一対であり、温度-粘度曲線の縦軸と横軸からアスファルトのかたさ(あるいはやわらかさ)を規制するものと考えることができる。

なお、以上の針入度と軟化点に対する解釈は一般に言われていることではなく、筆者がこれらに対して持っているイメージであることをおことわりしておく。

次に試験の手順と方法を簡単に考察しておこう。アスファルトの軟化点の測定方法にはいろいろあるが、JIS K2531に示された環球法が最も広く使われているので、これについて説明することにする。

①試験装置の概要：図-5に試験装置の略図を示したが、器具としては、黄銅製環(Ring)(図-6)、金属球(Ball)(直径9.53mm, 重量 3.5 ± 0.05 g)が最も重要なものであり、他に温度計、加熱浴も必要である。

②試料の準備：予想される軟化点温度より 55°C 以上高くなならないように試料を加熱し、平板におかれたリングに流し込む。このとき、平板とアスファルトが接着してしまわないように、グリセリンとデキストリンの等量混合物かセンケン水を前もって平板に塗布しておくといよい。室温に20分~40分間放置して固化させる。

③試料の成形：放冷が終わったら、あたためたヘラで試料の余分をけずりとり、表面が平らになるようにする。さらに後に金属球をのせたとき球がころがり落ちないようにするため、中央に軽くくぼみをつけておく。くぼみをつけずに球案内(球がころがらないようにする器具)を利用してもよい。

④リングのとりつけ：リングを平板から取りはずし、図-5の試料ダナにセットする。

⑤加熱浴の準備：軟化点が 80°C 以下の場合は約 5°C の蒸留水を使用し、軟化点が 80°C を越えるものについては約 32°C のグリセリンを使用する。これを加熱

図-4 針入度および軟化点の規格の意味

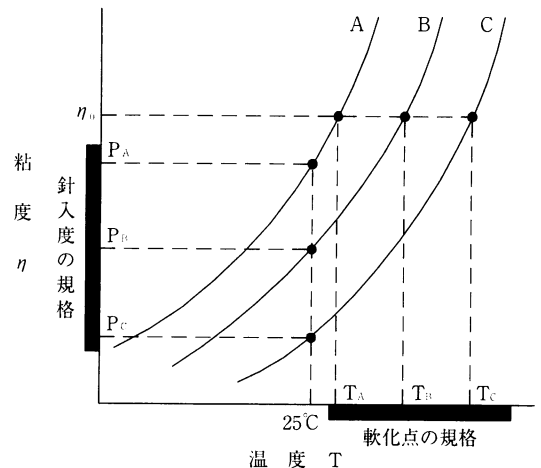


図-5 軟化点試験装置

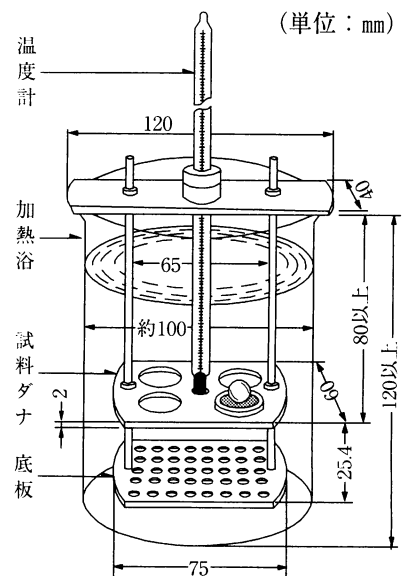
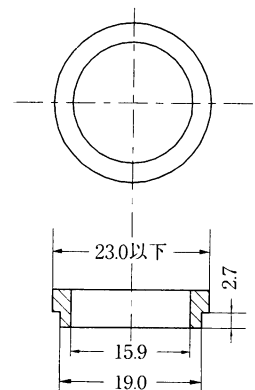


図-6 Ringの寸法
単位 mm



浴の100~110mmの高さまで満し、環台と球を入れ15分間所定の温度(5°C または 32°C)に保っておく。

⑥加熱の準備：15分たったのち、球をとりだし試料の中央に載せる。このとき、前につけておいたくぼみ

が役だつわけである。次に加熱浴全体を三脚台の金網の上に環台が水平になるように載せる。

⑦測定：毎分5℃±0.5℃の割合で温度が上昇するようにバーナーの炎を調節しながら加熱する。この加熱速度をチェックするため、ストップウォッチと温度計を常に見比べるようにする。温度が上昇してくると、試料はしだいにやわらかくなって球の重みで伸びはじめ、ついには底板に達する。このときの温度を温度計示度の最小目盛の半分まで読み、これを記録する。

⑧精度：試験結果が正しいかどうかは、次の基準によって判定する。

繰り返し性：同一人同一装置における2回の試験結果と、その平均値との差が、表-1の許容差を越えない場合は、その試験結果はいずれも正しいものと認める。

再現性：別人装置における二つの試験室の試験成績と、その平均値との差が、表-1の許容差を越えない場合は、その試験成績はいずれも正しいものと認める。

以上が軟化点試験の概要である。画一化した試験を行なうという目的から装置は多少必要とするが、要は、アスファルトが金属球を支えきれなくなるほどやわらかくなる温度はいくらか、を調べる単純な試験である。この試験で最も注意すべき点は、加熱温度の調整で、もし、加熱温度が速すぎると、水温の上昇にアスファルトの温度上昇がついていけず、水温が45℃でアスファルトは40℃というような現象がおきて、実際の軟化点よりも高く評価されてしまうことになる。また逆に、加熱速度がおそければ、温度上昇にくらべて試料の変形が早く進み、結果として軟化点は低く記録される。これらの例からも予想されると思うが、軟化点とは厳密に言えば、金属球を支えきれなくなる温度よりも多少高めの温度になる。つまり、アスファルトが伸びはじめて底板に到達するまでに時間がかかるが、その間も温度は定常的に上昇しているし、水温とアスファルトの温度にも差があるからである。以上のように考えてくると、軟化点とは試料に備った特別な性質というのではなく、これまで述べ

表-2 軟化点に関する規格

規格 針入度	J I S K2207 (℃)	アスファルト舗装要綱	暫定規格
60~80		43.0~53.0	44.0~52.0
80~100	40.0~55.0	41.0~51.0	42.0~50.0
100~120		40.0~50.0	
120~150	35.0~50.0	38.0~48.0	

表-1 軟化点試験の精度

種別 軟化点	許容量 (beg)	
	(繰り返し性)	(再現性)
30以下	2.0	4.0
30を越え 80以下	1.0	2.0
80を越えるもの	2.0	4.0

てきたような測定法にしたがったときの数値であって、数値そのものにはあまり大きな意味はないということがわかると思う。つまり、筆者が言いたいことは、軟化点が45のアスファルトは、一般に47のアスファルトよりはやわらかく43のアスファルトよりもかたいということを相対的に示すだけであって、45℃で急に性質が変わるということを示すものではないということである。よく、軟化点の軟という字に迷わされてアスファルトが急にやわらかくなる温度であると錯覚している人があるが、この点をくれぐれも注意されたい。これは図-4の温度-粘度曲線を見ても容易に理解できると思う。なお、軟化点温度における粘度 η_s はほぼ10⁴ポアーズ、針入度P_sは80前後であることをつけ加えておく。

最後に軟化点に対する各種の規格を表-2に示した。J I S規格→アスファルト舗装要綱の規格→暫定規格の順に厳しくなっていることがわかる。

7. 伸度試験について

伸度試験は、アスファルトを規定の型枠によって成形し、一定温度の水中で、一定速度で引き伸ばし、アスファルトが切断されるまでに伸びた長さを測定するものである。一般にアスファルトの凝集力、接着性、たわみ性等に関連すると言われてはいるが、それらを実証する研究及び実験データの類はほとんどないようである。アスファルトの規格試験の中でこの伸度試験の意義ほどあいまいなものはない。しかし、アスファルト舗装要綱の改訂のたびに生き残り、今回の暫定規格でもとり入れられているところを見ると伸度試験を評価する人も多いことを示すと共に、伸度試験をカットする積極的な理由も見いだせないのであろうと考えられる。今後の研究課題であろう。次に伸度試験の概要を示すが、読者自からその意義を考えていただきたい。

①装置：伸度試験機、恒温水浴、型ワックが主なものである。このうち、伸度試験機は、規定条件で過度の振動がなく、5cm/minの速度で連続的に試験片を引張ることのできるようなもので、恒温水浴は容量10ℓ以上、水温を試験温度±0.1℃の一定温度に保つことのできるような温度調節器

を取りつけたもの、型ワクは図-7に示すような形状、寸法の黄銅製型ワクである。

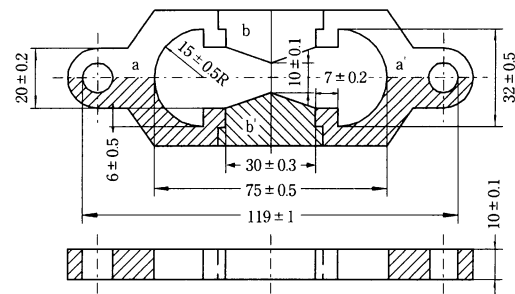
- ②試料の準備：軟化点試験の試料づくりと非常によく似ている。まず、試料をなるべく低温で熔融し、充分にかきまぜて均質にしたのち、0.3mmのフルイ（J I Sの呼び寸法297 μ ）を通過させ不純物を取り除く。伸度試験では試験中試料の断面が非常に小さくなるのでこのフルイによる不純物の除去を規定しているが、通常のスレートアスファルトではあまり目立った不純物を含んでいないので、このフルイ操作は省略されることも多い。
- ③型ワクの組立て：黄銅板の上で、型ワクを組み立てる。この場合、黄銅板の上面ならびに側面金具bおよびb'の内面に材料が付着しないように、水銀アマalgamかグリセリンとデキストリンの等量混合物を塗布しておく。
- ④試料の成形：②の試料を③の型ワクに入れ、30~40分間室温で放冷して、黄銅板上においたまま、試験温度 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ に保った恒温水浴中に移し、30分間浸す。次にこれを取り出し、表面を平らに成形したのちまた黄銅板とともに水浴中に入れ、85~95分間静置する。
- ⑤測定：型ワクを黄銅板からとりはずし、さらに側面金具bおよびb'をはずす。aおよびa'の穴を伸度試験機にとりつけてモーターのスイッチを入れ、 $5 \pm 0.3\text{cm}/\text{min}$ の速度で試料を引き伸ばし、試料が切れたときの指針の目盛を読む。

以上の操作によって温度が 15°C のとき、伸度が100以上（100cm伸ばしても切れない）であれば、アスファルト舗装要綱の規格に合格する。また伸度試験は100cmを越えては一般に行なわれない。ということは、具体的に何cmで切れたという数値を問題にするのではなく、規定の条件で100cmに引き伸ばしたとき、切れたか切れなかったかだけが問題になるわけである。したがって、精度にも規定がない。

8. 蒸発量試験とその意義

アスファルト舗装の表層はその大部分が加熱混合式工法で施工されている。この工法は、プラントで加熱熔融したアスファルトを加熱骨材と混合し、これを舗設するものである。この場合、アスファルトは 160°C 前後に長時間加熱されているわけであるが、この操作により、アスファルトが極端に変質してしまつては困る。そこで、前もってプラント加熱中の状態を作りあげ、変質しやすいアスファルトをチェックしようとするのが、この蒸発

図-7 伸度試験用型ワク 単位 mm



量試験である。

- ①装置：J I Sに規定された石油アスファルト蒸発量試験機を用いる。これは、内部を $163^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ に長時間保てるような電熱式高温炉であり、内部には試料をのせて毎分5~6回、回転するようなアルミニウム製の回転盤が備えつけられている。
- ②試料の準備：試料をなるべく低温で熔融し、充分にかきまぜて均質にしたのち、試料容器（針入度試験の試料容器と同じものでよい）に入れる。このとき試料容器の重量および試料を入れたときの重量を計量して、試料の重量を0.01gまで正確に求めておく。
- ③蒸発量試験：あらかじめ $163^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ に保ってあった恒温炉に②の試料容器を入れ5時間放置する。
- ④試験後の計量：加熱時間が終了したら、試料を放冷し、試料を含めた試料容器の重量を測定する。これで蒸発によって、減量した重量がわかるわけである。
- ⑤蒸発量の計算：蒸発量は、次の式によって計算される。

$$V = \frac{W_s - W}{W_s} \times 100$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V : \text{蒸発量 (\%)} \\ W : \text{試料の重量 (g)} \\ W : \text{蒸発後の試料の重量 (g)} \end{array} \right.$$

以上が蒸発量試験の概要である。アスファルト舗装要綱の規格ではこの蒸発量を、針入度60~80、80~100のアスファルトに対して0.3%以下（暫定規格も同じ）、100~120、120~150のアスファルトに対して0.5%以下と規定しているが、通常の舗装用アスファルトでは一般に0.1%以下の値を示すので、あまり問題はない、つまり、蒸発の量、そのものは重要ではないが、蒸発と加熱ともなう質の変化が重要視される。この質の変化に注目して規定したのが、次に述べる蒸発後の針入度である。なお、蒸発後、一般には減量となるが、アスファルトの種類によっては増量になる場合もあることを付記しておく。

9. 蒸発後針入度と針入度比について

蒸発量試験を行なったアスファルトは、揮発分が蒸発するとともに内部に組成変化もおこり、一般にかたくなる傾向を示すがその程度を知る目的で蒸発後の針入度を測定する。その方法は次のとおりである。

- ①蒸発量試験の終わった試料をできるだけ低温で溶融しかきまぜて均質にする。
- ②室温で1時間放置した後、25℃に保った水中で1時間半静置する。
- ③針入度試験法にしたがい針入度を測定する。
- ④蒸発後の針入度（原針入度に行する割合）を次の式により計算する。

$$P = \frac{P_1}{P_0} \times 100 (\%)$$

- P : 蒸発後の針入度（原針入度に対する百分率）
- P₁ : 上記の①～③の操作による針入度
- P₀ : 原針入度

アスファルト舗装要綱では蒸発後の針入度を原針入度が、60～80、80～100、100～120のアスファルトに対して75%以上、120～150のアスファルトに対して70%以上と規定しているが、暫定規格により60～80、80～100のアスファルトは80%以上に引きあげられた。

蒸発後の針入度比というのは暫定規格で新たにつけ加えられた項目である。これは次の式によって計算する。

$$P' = \frac{P_2}{P_1} \times 100 (\%)$$

- P' : 蒸発後の針入度比 (%)
- P₁ : ①～③の操作による針入度
- P₂ : 蒸発後の針入度（蒸発量試験操作が終わったままの試料）

すなわち蒸発後の針入度比というのは、蒸発量試験の終わった試料でそのまま測定した針入度が、かきまぜて測定した針入度に行して何%になるかを調べるものである。暫定規格ではこれを110%以下と規定しているが、未攪拌の試料が攪拌した試料よりも針入度が大きくなるのは加熱により表面に軟質のものが分離してきていると解釈されている。

9. 薄膜加熱試験とその意義

この薄膜加熱試験も暫定規格で新しく取り入れられた項目である。試験目的や試験法は、蒸発量試験とほぼ同じであるが、両者の大きな違いは、試料の寸法にある。蒸発量試験の試料は径が55mm、厚さ約21mmでその比

表-3 各種針入度の比較

	記号及び計算式	規格（暫定規格を主にしたもの）			
		61～80	81～100	100～120*	120～150*
原針入度	P ₀	61～80	81～100	100～120*	120～150*
蒸発後の針入度 (%)	$P = \frac{P_1}{P_0} \times 100$	80以上	80以上	75以上*	70以上*
針入度比 (%)	$P' = \frac{P_2}{P_1} \times 100$	110以下	110以下		
薄膜加熱後の針入度 (%)	$P'' = \frac{P_3}{P_0} \times 100$	55以上	50以上		
P ₁ : 蒸発量試験後の攪拌試料の針入度 P ₂ : 未攪拌試料の針入度 R ₃ : 薄膜加熱試験後の混合攪拌試料の針入度 注) 本表の記号は一般に使用されているだけでなく本講座での便宜的なものである。					

は2.6であるが、薄膜加熱試験では径が140mm、厚さが約3.2mmで径と厚さの比は44と非常に大きな値である。つまり、後者の方がはるかに苛酷な条件にさらされるわけである。アスファルトが、骨材を被覆したときの厚さ（数ミクロン～数十ミクロン）に比べれば3.2mmでも厚すぎることは言うまでもないが、蒸発量試験よりはさらによくその状態をモデル化したものと言えよう。薄膜加熱試験はJISには規定されていないので、ASTMの規格D1754-69¹⁾を準用することになる。以下、その方法を簡単に述べよう。

- ①試料の準備：試料を溶融し、内径140mm（5 1/2インチ）、深さ約10mm（3/8インチ）の平底円筒形試料容器2つに入れる。このとき入れる試料の量は50.0mlとする。
- ②加熱：試料温度が室温になったところで、蒸発量試験とほぼ同じような恒温炉（163℃±1℃）に5時間入れておく。
- ③針入度測定：二つの試料を均一に混合し、針入度試験用の容器に移し、規定の針入度を測定する。
- ④報告：加熱後の針入度（原針入度に対する百分率）を次の式により計算する。

$$P'' = \frac{P_3}{P_0} \times 100 (\%)$$

- P'' : 薄膜加熱後の針入度（原針入度に対する百分率）
- P₀ : 原針入度
- P₃ : 薄膜加熱後の針入度

暫定規格ではこの薄膜加熱後の針入度を60～80のアスファルトに対して55%以上、80～100のアスファルトに対して50%以上と規定している。また、蒸発減量と同様

に薄膜加熱減量も測定できるが、これに対する暫定規格は、60～80、80～100両者とも0.6%以下である。

これまで色々な形で針入度がとりあげられてきたのでかなりまぎらわしくなったかと思う。そこで表-3にこれらをまとめて見た。頭を整理するための参考にされたい。また、暫定規格で針入度比や薄膜加熱試験を特につけ加えたということは、加熱によるアスファルトの硬化に対し、非常な注意を呼びかけていると解釈できる。今後のアスファルト材料に対する一つの大きな警告でもあろう。

10. 四塩化炭素可溶分試験について

この試験は、アスファルトが四塩化炭素にどの程度溶解するかを調べる試験であるが、その主な目的は、アスファルトに含まれる不純物や、四塩化炭素に溶けないカーベン（アスファルトを苛酷な条件下で製造したときに生じる高分子物質で、このものの含量は、製品品質の良否を判断する一つの試料となりうる²⁾ そうであるが、筆者も、この辺の化学的なことはよくわからない）を多く含むアスファルトを除外することにある。しかし、現在市販のアスファルトでは、ほとんど問題はないようなので^{3) 4)} 試験法の詳細は省略する。

11. 引火点試験について

アスファルトは常温ではいくら火を近づけても燃えることはない。しかし、加熱するにしたがって少しずつ引火性のガスが発生し、ある程度（約240℃以上）を越えると引火するようになる。アスファルトには加熱操作が常につきまとうているから、その安全性の限界を知っておくことは非常に重要なことである。このための試験が引火点試験で概要は次のとおりである。

- ①装置：J I Sに限定された石油類試験用クリーブランド開放式引火点試験器を用いる。これは、試料を加熱する装置と試験炎を随時出せる試験炎管とからできている。
- ②試料の準備：試料を任意の温度で規定の容器に入れる。このとき、試料面の気ホウは取り除く。
- ③加熱：毎分14～17degの割合で加熱し、予期引火点以下55degの温度に達したら加熱を調節して予期引火点以下28degから引火点に達するまで毎分5.5℃±0.5℃の割合で温度が上昇するようにする。
- ④試験：予期引火点以下23℃から、温度計の読みが2 deg上昇するごとに試験炎を出し、試料の表面に引火が認められたならばこのときの温度計の読みを引火点とする。

規格試験法一覧

針入度試験方法	J I S K 2530
軟化点試験方法	J I S K 2531
伸度試験方法	J I S K 2532
蒸発量試験方法	J I S K 2533
蒸発後の針入度試験方法	J I S K 2207
薄膜加熱試験方法	A S T M D 1754
四塩化炭素可溶分試験方法	J I S K 2534
引火点試験方法	J I S K 2274

アスファルト舗装要綱の規格では、60～80、80～100のアスファルトに対して240℃以上であるが、暫定規格ではこれが260℃以上に引き上げられた。厳しくはなかったが、通常の舗装用アスファルトはほとんど合格するようである。

12. 比重試験について

比重はアスファルト舗装要綱の規格では「付記することが望ましい」の表現であるが暫定規格では規格の項目にあげられた。比重試験は、一般の物理試験であり良く知られていることなので、ここでは省略するが、規格は1,000以上ということなので、アスファルトでは、まず数値的には問題なく、むしろ、配合設計における必要性から規格にあげられたものと思われる。

13. あとがき

2回にわたって規格試験を述べたが、あまりに単純な試験ばかりなので、あきれた人もいるかと思う。理由はいろいろあるのだが、何はともあれ、これが現状でありまた規格にあげられているからには絶対守らなければならないので、ひととおり知っておく必要がある。もっと詳しく勉強したい方は、これまであげた参考文献^{1) 3) 4)}とともに上表のJ I S規格等を参照されるとよい。

参考文献

- 1) 1971 Annual Book of ASTM Standard
- 2) 金崎健児, 岡田富男「アスファルト」日刊工業新聞社
- 3) 山之口浩「アスファルトに関する試験法」舗装 No.6～No.11 1967, 建設図書
- 4) 「アスファルト舗装講座」日産化学工業(株)