

アスファルト

第20巻 第110号 昭和52年1月発行

★特集・舗装用アスファルトの研究★

巻頭言

蒔田 実 1

1. 舗装用アスファルトの60℃粘度測定法について 関根幸生 2

2. トラッキング試験によるアスファルト混合物の評価

森 道夫・太田健二 8

3. アスファルト舗装の破壊の実態と

その要因、対策について

小島逸平 18

4. 欧州のアスファルトに関する品質規格について

竹下 洋 26

《報文》

アスファルトの供用性に関する研究

林 誠之 32

110

社団法人 日本アスファルト協会

舗装用アスファルトに関する 文献調査特集について

蒔 田 実*

舗装用アスファルト分科会では、現在、重交通道路におけるアスファルト舗装の流動対策に関する研究を進めている。アスファルト舗装の流動には種々の要因が複雑に関与しているが、アスファルトの品質もその主要な要因の一つと考えられている。そこで当分科会では、耐流動性のある舗装とするにはアスファルトの品質性状は如何にあるべきかという観点から、これまでの舗装用アスファルトの品質、規格および試験法について根本的に見直すこととし、内外の文献調査を実施してきた。

文献調査の結果については、本誌に、すでに次のものを紹介してきている。

1. アスファルト舗装の供用性とアスファルトの60℃粘度の関連性について (第106号)
2. 米国の舗装用アスファルトの規格について (第107号)
3. 粘度分類によるアスファルトの規格について—海外研究者の見解のまとめ— (第109号)

今回は、その後の文献調査の結果をまとめて特集号とした。但し、下記の5については当分科会の研究活動の成果とは別個のものであるが、研究内容が参考になると思われるので、林 誠之幹事に紹介をお願いしたものである。

1. 舗装用アスの60℃粘度測定法について
2. トラッキング試験によるアスファルト混合物の評価
3. アスファルト舗装の破壊の実態とその要因および対策について
4. 欧州のアスファルトに関する品質規格について
5. アスファルトの供用性に関する研究

本誌に紹介した文献の掲載順序がまとめの都合上、必ずしも内容的に一貫したものとはなっていないが御容赦いただきたい。

これらの文献調査結果によれば、アスファルト舗装の流動抵抗性を明らかにするには、アスファルトを60℃の絶対粘度で分類した方がより合理的ではないかとの考えが導き出される。そこで、当分科会では、これらの文献調査結果をもとに実験計画を作成し、市販および試作アスファルト（アスファルトの性状については、本誌第109号に紹介）について、60℃粘度を中心としたアスファルトの各種性状と高温時の流動抵抗性を中心としたアスファルト混合物との関連を明らかにするために次の室内実験を進めている。

1. アスファルト試験
 - 1) 60℃絶対粘度測定
 - 2) 回転式薄膜加熱試験
 - 3) 舗装要綱アスファルト規格試験
2. アスファルト混合物試験（密粒アスコン）
 - 1) マーシャルおよび水浸マーシャル試験
 - 2) ホイールトラッキング試験
 - 3) 曲げ試験

しかし、アスファルトを60℃粘度で分類することの適否については、文献に紹介した通り、相対する種々の考え方がある。したがって、当分科会としては、60℃粘度分類の取扱いに関しては、今後の耐流動性に関する実験を中心に、内外の文献調査などを総合的に検討したうえで最終的に判断したいと考えている。いずれにしても、これらの研究結果から、重交通道路において耐流動性のあるアスファルトの品質、規格および試験法を明らかにして行きたいと考えている。

* 舗装用アスファルト分科会長

舗装用アスファルトの60℃粘度測定法について

関根幸生*

1. はじめに

舗装用アスファルトの実用性能上、当面する最大の課題が流動問題であることは衆目の一致するところであろう。耐流動性の良否が現行の針入度分級方式では判別不能であるのか、粘度分級方式がその判別法の改善につながるのか、更には粘度による分級を採用するとして、測定温度は60℃が妥当であるのか等、解明すべき問題が多い。これらに関しては十分な研究と討論を尽くさねばならないが、この問題は筆者に与えられたテーマの範囲を越えるので、ここでは触れず他稿にゆずる。⁽¹⁾⁽²⁾

ここではアスファルト協会に設けられた舗装用アスファルト分科会の活動等を契機として近い将来、何らかの形で60℃粘度分級方式の規格が登場する可能性も予想されるところから、その場合に舗装用アスファルトの品質管理上、また商取引上、最も重要な管理項目になる60℃粘度の測定法について概観してみることとする。

2. 60℃粘度測定法の変遷

合材のマーシャル安定度や圧縮強度と、⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾ ⁽⁶⁾⁽⁷⁾ バインダーであるアスファルトの性状との関連を検討した研究を通して、舗装体の塑性変形とアスファルトの粘度とが密接な関係にあることが明らかとなり、一方、舗装体の遭遇する最高温度が60℃とされるところから、⁽⁸⁾⁽⁹⁾ 米国では早くからアスファルトの実用性能との関連のもとで60℃粘度の重要性が認識されていた。これらの研究結果は Asphalt Institute による研究仕様制定(1962年)に端を発し、現在の AASHTO M226 および ASTM D3381や米国各州の規格等の粘度規格につながり、現在米国では実質上60℃粘度分級方式が針入度分級方式を完全に駆逐しているといっても過言ではない。⁽¹⁰⁾

それに伴い、当然のことながら米国ではアスファルトの60℃粘度測定法についても早くから種々検討され、当初の自由落下方式(Gravity flow type)の毛管式粘度計の転用から、回転式粘度計、滑板式粘度計などの使用を経て現在の真空毛管式粘度計へと変遷して来た。

一般に舗装用アスファルトは60℃以上では単純流体、

⁽⁹⁾ すなわちニュートン流体として挙動するといわれるが、アスファルテンミセルや高融点ワックスの存在にもづく複雑なコロイド構造を考慮すれば60℃附近でのアスファルトが厳密な意味でニュートン流体と云えないことは明らかである。したがって、操作が簡便であること、精度が良いこと、その他管理試験方法として要求される一般的な特性のほか、60℃のアスファルトの粘度測定方法として備えるべき最も重要な性能は、非ニュートン流体に対しても適用できることである。

セン断感受性のある、いわゆる非ニュートン流体の粘度を適用されるセン断速度が未定で、かつ変動する自由落下方式の毛管式粘度計で測定した場合に得られる値はその粘度計固有の見掛け粘度というべきもの(peculiar viscosity: 特有粘度ともいう)で、工学的に無意味な値である。⁽¹¹⁾ 一方、Ferranti Shirley 型などの二重円筒式回転粘度計、滑板式粘度計、その他非ニュートン挙動を示す物質の粘度測定に好適な粘度計も種々あり、アスファルトの流動学的特性の検討など、特に研究的な目的のために広範に用いられているが、これらは操作が煩雑なこと、その他の面で管理試験方法としては問題がある。これに対し真空毛管式粘度計は、(1)ほぼ一定のセン断速度のもとでの見掛け粘度が測定できる。(2)真空度をかえることにより異なるセン断速度での見掛け粘度が測定でき、したがって流動曲線が描ける。(3)その他、簡便さ、少量の試料で測定できる、精度が比較的良い、など管理試験方法として好ましい性能を有する、などの秀れた特性を有している。

舗装材料の粘度測定に真空毛管式粘度計を用いたのは、ロードタールを対象に Rhodes らが1935年に行なった研究が最初と云われ、⁽⁸⁾ 1940年には Public Road Laboratory でも同様の装置の石油系アスファルトへの適用が試みられた。⁽⁸⁾ その後60℃粘度とアスファルト合材の塑性変形との間に密接な関係のあることが明らかとなり、60℃粘度分級方式が Asphalt Institute の研究仕様として採り入れられる1962年に先立つ1960年初頭までに、Cannon-Fenske の流れをくむ Cannon-Manning 型、前記 Rhodes らの装置を原形に J. J. Heithaus が改良した Modified Koppers 型、両者の長所を合わせ Asphalt Institute が独自に開発した Asphalt Institute 型など各種の真空毛

* 丸善石油商品研究所

舗装用アスファルト分科会幹事

管式粘度計のアスファルトの60℃粘度測定装置としての適合性が検討された。また、Asphalt Institute⁽⁸⁾⁽¹²⁾では1960～1962年に亘り、これらの結果を総括する形で共同試験を実施し、各装置による試験法、精度、更には60℃粘度とアスファルトの性質との関係を研究した。⁽⁹⁾これらの検討の結果、上記3種の真空毛管式粘度計はいずれもアスファルトの60℃粘度測定法として精度も比較的良く、かつ非ニュートン流体の見掛け粘度も測定できるうえ、簡便さの面からも管理試験法として最適なことが認められ、1963年にASTM D2171-63Tとして暫定規格の形で公式に登場した。その後1966年に“暫定”の表現が取り除かれ、正式のASTM規格として確定した。なお、1968年には英国石油協会規格(IP 222/68)として、また1974年にはAASHTO規格(AASHTO T202-74)としても採り上げられ、世界的にも広く認められたものとなり現在に至っている。

しかしながら、これら真空毛管法も非ニュートン流体を測定対象とすると厳密には難点もあり、例えば最近、Scheweyerらは加圧式のFlorida式毛管装置とASTM方式との対比を行ない、セン断速度一定のFlorida方式では真空毛管法より50～100%高い値を示すことや、セン断感受性のあるアスファルトでは加圧度により得られる粘度値が種々異なることを確認し、これらが毛細管の形状の差にもとづく流動状態の違いや、アスファルトの非ニュートン性に起因することを示唆した。⁽¹³⁾同様なことは滑板式粘度計を用いたFinkらの研究によっても示されている。⁽¹⁴⁾

これらの指摘は今後の研究課題を与えるものであるが、アスファルトの耐流動性の目安を得ることを主眼として60℃粘度分離方式の採用を考慮する場合、併用時のアスファルトが受けるセン断速度と同じ条件で測定した粘度をもって分級することも重要な要素と云えよう。わだち掘れの起こり易い徐行ないし停車状態⁽¹⁵⁾での路面の受けるセン断速度は 10sec^{-1} 以上とされるが、試みにAsphalt Institute型またはModified Koppers型でサイズ25からサイズ400の粘度管での測定所要時間が60秒のとき適用されるセン断速度を求めると $0.7\sim 10.7\text{sec}^{-1}$ となり、併用時に受けるセン断速度とかけ離れた値ではないことが判る。したがってその意味でも真空毛管法は、まず妥当な方法と云えよう。

なお、ASTM方式は充分に管理された実験室内での測定法としては好ましいものの、フィールドでの品質管理試験としては問題があるとして、フィールドでの使用を対象とする簡単なカップ形粘度計も開発、実用化⁽¹⁶⁾されている(Puzinauskas field vis cup P-A1 field)。

ただし、本粘度計では60℃粘度を直接測定せず、より

高温で測定して温度—粘度関係から60℃粘度を推定する。

3. 真空毛管方式粘度計によるアスファルトの60℃粘度の測定法および原理

測定法の詳細は文末に付記したASTM D2171-66を参照されたい。ここでは測定法の原理と測定上のポイントについて簡単に触れる。

毛細管を通して流れる液の流速はHagen-Poiseuille⁽¹¹⁾の式によって与えられるが、一定減圧で液を引き上げるような場合の流動に関しては、例えばRhodesらにより⁽⁶⁾(1)式が与えられている。

$$V = \frac{gR^2td}{8 \left[\frac{L_2^2 - L_1^2}{2 \left(\frac{hD}{d} + Z \right)} + \frac{L_2^3 - L_1^3}{3 \left(\frac{hD}{d} + Z \right)^2} + \dots \right]} \dots\dots(1)$$

ここで、

V：粘度，poise

g：重力の加速度， cm/sec^2

R：毛細管の半径，cm

d：液の比重， g/ml

t：液が下の標線から上の標線に上昇するに要する時間，sec

L₁：毛細管最下部から下の標線までの長さ，cm

L₂：毛細管最下部から上の標線までの長さ，cm

h：真空度， cmHg

D：水銀の比重， g/ml

Z：毛細管の掃漬深さ，cm

(1)式は装置、測定法を考慮し(2)式に簡略化できる。

$$V = \frac{3D^2h^2gR^2t}{12Dh(L_2^2 - L_1^2) + 8d(L_2^3 - L_1^3)} \dots\dots(2)$$

更に $D=13.5339\text{g/ml}$ ， $g=980\text{cm/sec}^2$ とおけば(3)式を得る。

$$V = \frac{6.7312 \times 10^4 R^2 h^2 t}{20.301h(L_2^2 - L_1^2) + (L_2^3 - L_1^3)} \dots\dots(3)$$

なお、この場合の毛細管壁面におけるセン断速度は(4)式で与えられる。

$$\text{セン断速度}[\text{sec}^{-1}] = \frac{4(L_2 - L_1)}{Rt} \dots\dots(4)$$

したがって、求めた時間(t)と使用した粘度管の形状、その他の数値を(3)式に代入し、絶対粘度を求めることができるが、実際には標準粘度液を用いて予め求めて

ある各粘度管の係数を乗ずるのみで粘度値が得られる。なお、 L_1 , L_2 の上部に等間隔で L_3 , L_4 …… と標線を決めておき、かつ R を等しいとすると(4)式からセン断速度は t の函数とみなしうる。例えば Asphalt Institute 形毛管粘度計で考えると(図-3参照)毛管を液面が上昇するにつれて抵抗およびヘッド圧の増加により液の上昇速度(t)は大となる。したがって各標線通過毎の t を測定しておけば、1回の操作でセン断速度の異なる数点の見掛け粘度を求めることができる。同様に吸引圧を変えて測定すれば更に広範囲のセン断速度における見掛け粘度の測定も可能である。すなわち、これらの操作により真空毛管粘度計を用いて非ニュートン流体の流動曲線を求めることができる。

真空毛管方式による粘度測定上のポイントは試料温度と減圧度の厳密なコントロール、粘度管の清浄性、正確な計時などであるが、これらの諸点に関しては試験法に詳細に記されている。

4. おわりに

舗装用アスファルトを60℃粘度で区分することの妥当性については充分議論することが必要であるが、60℃粘度分級法が現行の針入度分級法にくらべ工学的基礎が明確であるだけに受け入れ易い要素を持つ。

米国において広く行き亘っている現状から見ても国内でも次第に普及してゆくことが予想される。その場合、最も基本となる60℃粘度測定法についてはASTM法がベ

ースとなろうが、単にこれを採用入れるといった態度でなく、我々なりに慎重かつ充分な多面的検討を加えたうえで試験法化することが特に重要であろう。

文 献

- (1) 竹下, アスファルト, 19, No.106, P.4 (1976)
- (2) 荒井, id, 19, No.109, P.6 (1976)
- (3) D. F. Fink, J. A. Lettier, Proceeding A.A.P.T., 20 P.246 (1951)
- (4) L. T. Metcalf, Highway Research Board, Bulletin, 234 P.12 (1959)
- (5) V. Adam, ASTM STP. No.309, P.121 (1961)
- (6) S. L. Neppe, Proceeding A.A.P.T., 22, P.423 (1953)
- (7) J. Y. Welborn, W. J. Halstead, R. E. Olsen, ASTM STP, No.328, P.48 (1962)
- (8) J. J. Heithaus, ibid, No.309, P.63 (1961)
- (9) J. M. Griffith, V. P. Puzinauskas, ibid, No.328 P.20
- (10) 林, アスファルト, 19, No.107 P.15 (1976) (1962)
- (11) 川田, 計量管理技術双書 ①粘度, コロナ社
- (12) D. P. Levy, ASTM STP. No.328 P.3 (1961)
- (13) H. E. Scheweyer, J. P. Moore, J. K. Ling, ibid, No.532 P.3 (1973)
- (14) D. F. Fink, R. L. Griffin, ibid, No.309 P.79 (1961)
- (15) G. M. Dorman, A. W. Jarman, J. Appl. Chem, 8 Dec., P.832 (1958)
- (16) C. F. Potts, ASTM STP, No.532 P.31 (1973)

アスファルトの絶対粘度測定法 (ASTM D2171-66) 抜萃

1. 適用範囲

1.1. この方法は真空毛管式粘度計によるアスファルト(ピチューメン)の140°F (60℃)における絶対粘度の測定法を規定する。この方法は42~200,000Pの範囲の粘度を有する物質に適用できる。

注1. この方法は他の温度での粘度測定にも適するが、精度は60℃のアスファルトセメントに関する測定値に基づいたものである。

2. 関連規格 省略

3. 方法の概要

3.1. 厳密に調節した真空度と温度のもとで、一定量の液体を減圧により毛細管を通して引き上げるに要する時間を測定する。絶対粘度ポアズは得られた所要時間(秒)と粘度計の係数とを乗じて得る。

注2. セン断速度は管中を液が上昇するにつれて減少し、また真空度、粘度計のサイズを変えることによって変えられる。したがって、この方法はニュートン流体(単純

流体)、非ニュートン流体(複合流体)のいずれの粘度測定にも適する。

4. 定義 省略

5. 装置

5.1. 粘度計。ガラス製毛細管式のもので、次のものが適する。

5.1.1 付記A1に示す Cannon-Manning 真空粘度計。

5.1.2 付記A2に示す Asphalt Institute 真空粘度計。

5.1.3 付記A3に示す Modified Koppers 真空粘度計。粘度計の校正法を付記A4に示す。

5.2. 温度計。温度範囲137.5~142.5°FのものでASTM E1記載の温度計47°Fまたはこれと同等以上の精度、感度のもの。

注3, 注4 省略

5.3. 浴。粘度計の液体受器または毛細管の頂部のいずれか、上部になる方を液面より少なくとも20mm以上没することのできるもので浴温を $\pm 0.02^\circ\text{F}$ ($\pm 0.01^\circ\text{C}$) の範

間で調節できるもの。

5.4. 真空系。300mmHg までの任意の真空度で ± 0.5 mmの範囲に維持できる真空系。真空系の概要を図-1に示す。真空源としては真空ポンプまたはアスピレーターポンプが適する。

5.5. タイマー。15分以上稼動したときの誤差が0.05%以内で0.1秒またはそれ以上に細かく目盛られたストップウォッチ等。

5.6. 省略

注5 省略

6. 試料の準備

6.1. 局部過熱を避け、温度を均一にするため時々かきまぜながら十分な流動性を持つまで加熱する。

6.2. 最低20mlの試料を適当な容器に移し、空気が入らないよう注意しながら局部過熱を防ぐため時々かきまぜつつ $275 \pm 10^\circ \text{F}$ ($135 \pm 5.5^\circ \text{C}$) に加熱する。

7. 操作

7.1. 使用する粘度計ごとに操作の細部は若干異なる。各粘度計の詳細な使用法を記した付記A1～A3を参照のこと。全てのタイプの粘度計に共通の操作を7.1.1～7.1.9に示す。

7.1.1 浴温を試験温度の $\pm 0.02^\circ \text{F}$ ($\pm 0.01^\circ \text{C}$) 以内に維持する。

7.1.2 フロータイムが60秒以上になる清浄で乾燥した粘度計を選び、 $275 \pm 10^\circ \text{F}$ ($135 \pm 5.5^\circ \text{C}$) に加熱する。

7.1.3 用意した試料を図-2, 3, 4の粘度計の標線Eの ± 2 mmにまでそそぎ込む。

7.1.4 粘度計を $275 \pm 10^\circ \text{F}$ ($135 \pm 5.5^\circ \text{C}$) に保ったオープンまたは浴に 10 ± 2 分間入れ、大きな気泡を除く。

7.1.5 粘度計をオープンまたは浴から出し、5分以内にホルダーに挿入し、最上部の標線が浴液の表面から少なくとも20mm没するよう粘度計を垂直にセットする。

7.1.6 真空系を300mmに保ち、粘度計に接続するラインをコックで閉じたまま真空系と粘度計を接続する。

7.1.7 粘度計を浴にセットしてから 30 ± 5 分経過後、真空系に接続するコックを開けて粘度計の中のアスファルトを流し始める。

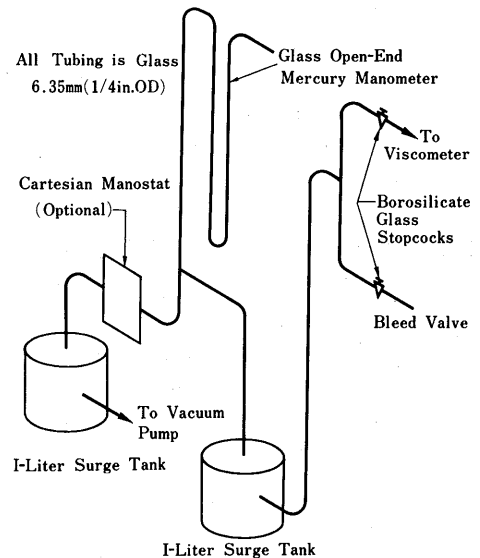
7.1.8 メニスカスで標線毎に2本の標線間を液が上昇するに要する秒数を0.1秒の単位で読む。2本の標線間を上昇するに要した秒数が60秒を越えたときの標線間を上昇するに要した秒数を記録する。このときの2本の標線を確認する。

7.1.9 試験終了後の粘度計を十分に洗滌、乾燥する。

8. 計算

使用した粘度計と7.1.8で確認した2本の標線とから相当する係数を選び、次式により絶対粘度を計算する。

図-1 真空系



$$\text{絶対粘度 } P = Kt$$

ここで、K=係数、P/S

t=フロータイム、秒

9. 報告

粘度値と共に常に試験温度および真空度を報告する。

10. 精度

10.1. 結果の判定は次の基準による(注1を見よ)。

10.1.1 繰返し精度。同一粘度計での同一人による2回の測定結果がいずれもその平均値の7%を越えないこと。

10.1.2 再現精度。2カ所の実験室の結果がいずれもその平均値の10%を越えないこと。

付 記

A1. Cannon-Manning 真空毛管式粘度計

A1.1. 適用範囲

A1.1.1 Cannon-Manning 真空毛管式粘度計は11のサイズがあり0.036～80,000 Pの範囲の粘度測定に適用できる(表-A1)。サイズ10から14までは 140°F (60°C)のアスファルトセメントの粘度測定に最も適している。

A1.2. 装置

A1.2.1 Cannon-Manning 真空毛管式粘度計の形状、構造の詳細は図-2に示す。サイズナンバー、およびその係数(K)および測定粘度範囲を表-A1に示す。

A1.2.2 全てのサイズにおいてCの容積はBの容積のおよそ3倍である。表-A1に示す粘度範囲はB、C各々を満たすに要する時間で60秒および400秒に相当する。

A1.2.3 省略

A2. Asphalt Institute 真空毛管式粘度計

A2.1. 適用範囲

A2.1.1 Asphalt Institute 真空毛管式粘度計は5つのサイズがあり、42～200,000Pの範囲の粘度測定に適用できる(表-A2)。サイズ50から200までは140°F (60℃)のアスファルトセメントの粘度測定に適している。

A2.2. 装置

A2.2.1 Asphalt Institute 真空毛管式粘度計の形状、構造の詳細は図-3に示す。サイズナンバー、およその半径、およその係数(K)および測定粘度範囲を表-A2に示す。

A2.2.2 この粘度計は精密な毛細管を標線F, G, H, Iで20mmの長さに区切った測定部B, C, Dを有する。

A2.2.3 省略

A3. Modified Koppers 真空毛管式粘度計

A3.1. 適用範囲

A3.1.1 Modified Koppers 真空毛管式粘度計は5つのサイズがあり、42～200,000Pの範囲の粘度測定に適用できる(表-A3)。サイズ50～200までは140°F (60℃)のアスファルトセメントの粘度測定に適している。

A3.2. 装置

A3.2.1 Modified Koppers 真空毛管式粘度計の形状、構造の詳細は図-4に示す。サイズナンバー、およその半径、およその係数(K)および測定粘度範囲を表-A3に示す。

A3.2.2 この粘度計は試料容器Aと精密な毛細管Mとから成る。この2つの部分は24/40標準すり合わせジョイントNにより結合する。毛細管上の測定部B, C, D, は、標線F, G, H, Iにより20mmの長さに区切って作られている。

A3.2.3 省略

A4. 粘度計の校正

A4.1. 適用範囲

A4.1.1 この項は、この方法に用いる粘度計の校正に用いる物質および方法を述べる。

A4.2. 標準物質

A4.2.1 表-A4に示す値に近い絶対粘度の標準粘度液。

A4.3. 校正

A4.3.1 標準粘度液による真空毛管粘度計の校正法は次のとおりである。

A4.3.1.1 表-A4から校正温度での測定時間が最低60秒となる標準粘度液を選ぶ。

A4.3.1.2 標準粘度液を清浄で乾燥した粘度計の試料

表-A1 Cannon-Manning 真空毛管式粘度計のサイズ、およその係数Kおよび測定粘度範囲

サイズ ナンバー	300mmHgにおけるおよその係数K ^a , P/S		粘度範囲 P	
	測時球B	測時球C		
4	0.002	0.0006	0.036～	0.8
5	0.006	0.002	0.12～	2.4
6	0.02	0.006	0.36～	8
7	0.06	0.02	1.2～	24
8	0.2	0.06	3.6～	80
9	0.6	0.2	12～	240
10	2.0	0.6	36～	800
11	6.0	2.0	120～	2,400
12	20.0	6.0	360～	8,000
13	60.0	20.0	1,200～	24,000
14	200.0	60.0	3,600～	80,000

^a 正確な係数は標準粘度液で測定しなければならない。

表-A2 Asphalt Institute 真空毛管式粘度計の標準サイズ、毛細管半径、およその係数K、測定粘度範囲

サイズ ナンバー	毛細管 半径 mm	300mmHgにおけるおよその係数K ^a , P/S			粘度範囲 P
		測時球B	測時球C	測時球D	
25	0.125	2	1	0.7	42～ 800
50	0.25	8	4	3	180～ 3,200
100	0.50	32	16	10	600～ 12,800
200	1.0	128	64	40	2,400～ 52,000
400	2.0	500	250	160	9,600～200,000

^a 正確な係数は標準粘度液で測定しなければならない。

表-A3 Modified Koppers 真空毛管式粘度計の標準サイズ、毛細管半径、およその係数K、測定粘度範囲

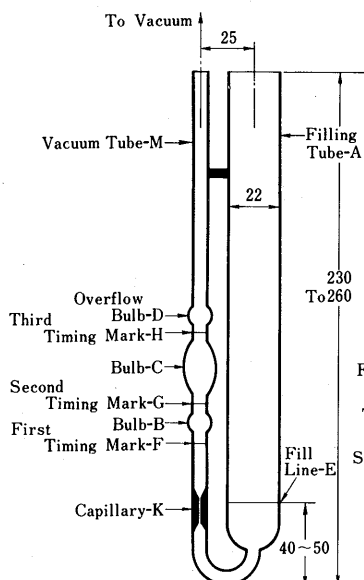
サイズ ナンバー	毛細管 半径 mm	300mmHgにおけるおよその係数K ^a , P/S			粘度範囲 P
		測時球B	測時球C	測時球D	
25	0.125	2	1	0.7	42～ 800
50	0.25	8	4	3	180～ 3,200
100	0.50	32	16	10	600～ 12,800
200	1.0	128	64	40	2,400～ 52,000
400	2.0	500	250	160	9,600～200,000

^a 正確な係数は標準粘度液で測定しなければならない。

表-A4 標準粘度液

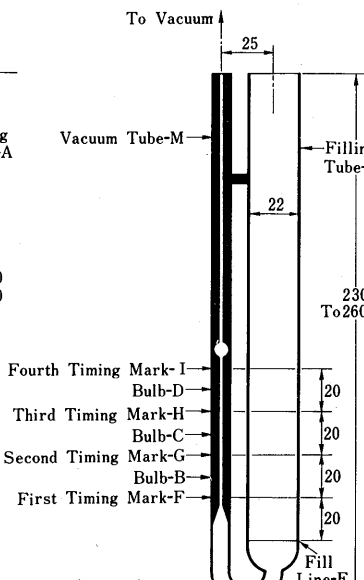
粘度	およその絶対粘度P		
	At 68F (20C)	At 86F (30C)	At 100F (38C)
N 30,000 ^a	1500		240
N 190,000 ^a	8000		1600
S 30,000 ^a		460	240

図-2 Cannon-Manning
真空毛管式粘度計



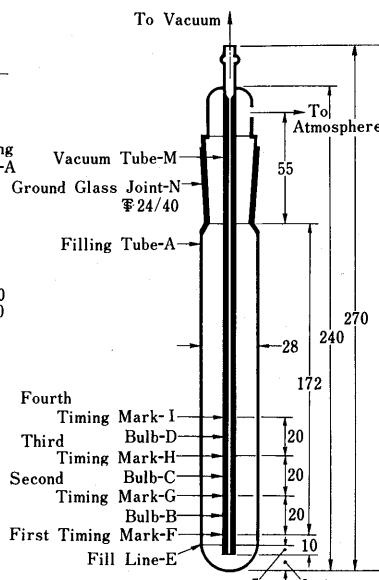
All demensions are in millimeters.

図-3 Asphalt Institute
真空毛管式粘度計



All demensions are in millimeters.

図-4 Modified Koppers
真空毛管式粘度計



All demensions are in millimeters.

採取線E (図-2, 3, 4 参照) の±2mmまで流し込む。

A4.3.1.3 標準粘度液を充填した粘度計を校正温度±0.02°F (±0.01°C) に保った恒温浴に入れる。

A4.3.1.4 真空系を 300±0.5mmHg にし、真空系と粘度計を結ぶ配管のコックを閉じたまま粘度計を真空系に接続する。

A4.3.1.5 粘度計を恒温浴に入れて30±5分経過してから真空系につながるラインのコックを開ける。

A4.3.1.6 標線FのメニスカスからGのメニスカスに液が上昇するに要する時間を0.1秒まで測定する。第2の時計を用いてGのメニスカスからHのメニスカスに液が上昇するに要する時間を0.1秒まで測定する。もし粘度計の標線が更にあれば同様の操作を繰り返す。

A4.3.1.7 各測時球の係数Kを次式で計算する。

$$K = V/t$$

ここで、K=300mmHgにおける粘度計の係数、P/S

V=校正温度における標準粘度液の絶対粘度
P

t=フロータイム、秒

A4.3.1.7 同じ標準粘度液または他の標準粘度液を用

いて校正操作を繰り返す。各測時球の係数の平均値Kを記録する。

注6 各測時球に対する係数Kのいずれもがその平均値の2%以内に入っていないなければならない(注7)。

注7 測時球係数は温度に無関係である。

A4.3.2 標準真空毛管式粘度計による校正。

A4.3.2.1 フロータイムが最低60秒以上の適当な石油アスファルトを選ぶ。測時球係数既知の標準粘度計を選ぶ。

A4.3.2.2 標準粘度計と校正しようとする粘度計を、140°F (60°C) の同じ恒温浴にセットし、7.1 に記した操作によりアスファルトのフロータイムを測定する。

A4.3.2.3 各測時球の係数Kを次式で計算する。

$$K_1 = (t_2 \times K_2) / t_1$$

ここで、K₁=校正しようとする粘度計測時球の係数

t₁=校正しようとする粘度計測時球のフロー
タイム

K₂=標準粘度計の相当する測時球の係数

t₂=標準粘度計の相当する測時球のフロー
タイム

トラッキング試験によるアスファルト混合物の評価

森 道 夫* 太 田 健 二**

1. まえがき

アスファルト協会舗装用アスファルト分科会の研究計画ならびに活動状況については、機関誌「アスファルト」106, 109号に紹介されている通りである。

本分科会の当面の研究目的はアンケート調査結果ならびに実態を踏まえて、アスファルト舗装の耐流動対策に的を絞り、バインダーとしてのアスファルトならびにその混合物の評価項目について調査、研究を行なってきた。その結果、アスファルトの基本物性として60℃粘度、混合物の試験としてホイールトラッキング試験を選び、現在、分科会幹事グループを中心とした共同実験を行なっている。

さて、アスファルト舗装の塑性流動については、O.E.C.D.の道路研究グループの研究課題としても取り上げられ報告書が出されているように、撓み性舗装にあっては重要な項目の1つである。また、わが国においても、流動対策の面から精力的に室内外の実験が進められているが、アスファルト舗装の実態は路面性状の基準に関する調査報告書^①にみられるように、一部において目を覆うものがあることも事実である。

本稿では、わが国をはじめ、諸外国の塑性変形に関する研究資料を紹介し、舗装用アスファルトの規格の見直し、改訂への参考にしようとするものである。

2. アスファルト舗装のわだち掘れの現状とその関連因子

2-1 わだち掘れの現状

わが国の高速道路ならびに一般国道のわだち掘れの現状の一例を示すと図-1～3の通りである。

わだち掘れは、特に交差点、登坂区間にその発生が顕著であり、ついで車線数の少ない区間に多くの発生がみられるようである。

2-2 アスファルト混合物の変形抵抗性とその関連因子

最近、アスファルト舗装の塑性変形に影響する要因とその相関関係についての研究が広く行なわれており、わ

図-1 東名高速道路のわだち掘れ頻度分布例

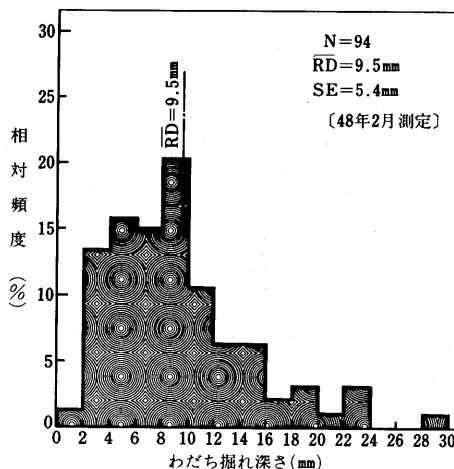


図-2 最大わだち深さ

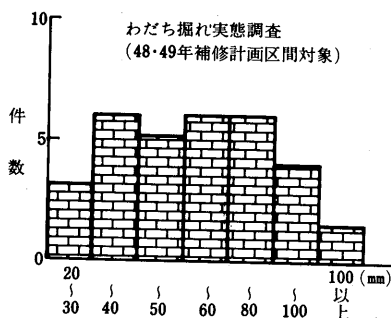
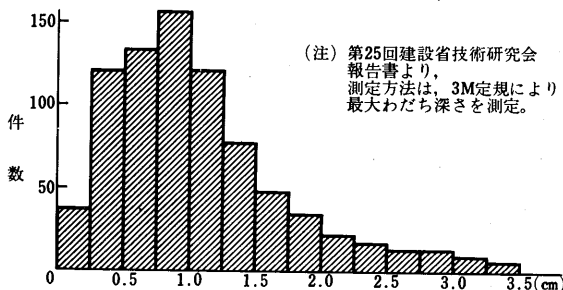


図-3 一般国道のわだち深さの水準
(交差点は除く直線区間)



(注) 第25回建設省技術研究会報告書より、測定方法は、3M定規により最大わだち深さを測定。

*日本道路(株)技術研究所 舗装用アスファルト分科会幹事

**日瀝化学工業(株)技術課 舗装用アスファルト分科会幹事

だち掘れの発生に大きく影響を与える自律的因子として、バインダーの性状、バインダー量、混合物の粒度、粗、細骨材の種類、配合設計の方法、施工法等がある。これらの相関性を示す資料として土研で実施したホイールトラッキング試験結果の分散分析表を表-1に示す。

表-1によればバインダーであるアスファルトの針入度が通常の配合設計条件の下ではD.Sに対する寄与率が最も大きく、他の要因の中でアスファルトの性状の評価が重要であることがうかがわれる。

3. アスファルト混合物の塑性変形

アスファルト混合物の塑性変形 (Plastic Deformation) の評価方法としては一般にマーシャルスティフネス(S/F)、高温クリープ試験、一軸圧縮試験、三軸試験、ホイールトラッキング試験^③等が用いられている。

これらのうちで、現在のところ、マーシャルスティフネス(S/F)ならびにホイールトラッキング試験が広く検討されている。しかし、前者は混合物の種類によってその傾向が異なり評価項目として検討の余地があるようである。他方、ホイールトラッキング試験については、試験条件を統一することにより変形割合(R.D)、動的安定度(D.S)あるいはトラッキングデプスからアスファルト混合物の塑性変形と関連づける研究が評価されている。

3-1 マーシャルスティフネス(S/F)とわだち掘れ

マーシャルスティフネス(S/F)とわだち掘れの関係について混合物の種類が異なる代表的なデーターを示すと図-4、5の通りである。

図-4は土研幕張試験舗装における密粒度、細粒度(修正トベカ)、粗粒度アスコンのデーターであり、S/Fとわだち掘れとの相関性はみつけにくい。他方、図-5は、ロードアスファルト混合物のS/Fとホイールトラッキング試験の変形割合との関係であり、相関性が認められる。

このように混合物の種類、使われ方によってマーシャルスティフネス(S/F)とわだち掘れとの相関性が異なり、S/Fをもってわだち掘れを評価、議論するのは困難な点があるようである。

3-2 ホイールトラッキング試験とわだち掘れ

ホイールトラッキング試験の変形割合(R.D)、動的安定度(D.S)とわだち掘れの関係については、古くはイギリスにみられる数多くの試験舗装等の実用性状からホイールトラッキング試験値の提案がなされている。表-2,3にそれを示す。

わが国においても図-6に示すように土研の幕張試験舗装の結果から、D.Sとわだち掘れの関係が報告されている。

表-1 動的安定度(D.S)の分散分析表^②

要 因	SS	df	Ms	Fs	F(0.01)	F(0.05)	Po
A (2.5mm通過量) ^①	120.1	2	—	*	5.49	3.35	
B (0.6mm通過量)	307.1	1	307	8.0**	7.68	4.21	3.6
C (0.074mm通過量)	129	1	129	3.3			
D (粗骨材の種類)	4	1	—	—			
E (針入度の種類)	3,208	1	3,208	83.1**			37.8
X×B	304	2	152	3.9*			3.6
A×C	395	2	198	5.1*			4.7
A×D	28	2	—	—			
A×E	170	2	85	2.2			
B×C	121	1	121	3.1			
B×D	41	1	—	—			
B×E	90	1	90	2.3			
C×D	36	1	—	—			
C×E	294	1	294	7.6*			
D×E	8	1	—	—			
ei	54	3					
ST ₂	5,307	23					
AS (アスファルト量)	637	1	637	16.5**			7.5
AS×A	327	2	166	4.3*			3.9
AS×B	242	1	242	6.3*			2.9
AS×C	128	1	128	3.3*			
AS×D	16	1	—	—			
AS×E	10	1	—	—			
AS×A×B	20	2	—	—			
AS×A×C	14	2	—	—			
AS×A×D	234	2	117	3.0			
AS×A×E	135	2	—	—			
AS×B×C	1	1	—	—			
AS×B×D	4.1	1	—	—			
AS×B×E	1,243	1	1,243	32.2**			14.7
AS×C×D	1	1	—	—			
AS×C×E	19	1	—	—			
AS×D×E	12	1	—	—			
ei	123	3					
ST ₁	2,167	24					
プールした e	1,041	27					
ST	8,476	47					

注) *は5%危険率で有意。 ①水準として粗粒度、密粒度、細粒度、アスコンの中央値
**は1% "

3-3 評価項目

3-1、3-2に紹介したように現時点では、アスファルト混合物の塑性変形を評価する試験方法として、ホイールトラッキング試験が関連性がよく、混合物の評価試験として妥当と思われる。

4. アスファルトの粘度とわだち掘れ

舗装用アスファルトの評価方法として60℃の粘度が諸外国、特にアメリカにおいて実施されていることは衆知の通りである。その経緯については、機関誌「アスファルト」107、109号に林氏、荒井氏の詳細な紹介があるので、ここでは省略する。

図-4 マーシャルスティフネス(S/F)とわだち掘れ^③(密粒度アスコン)

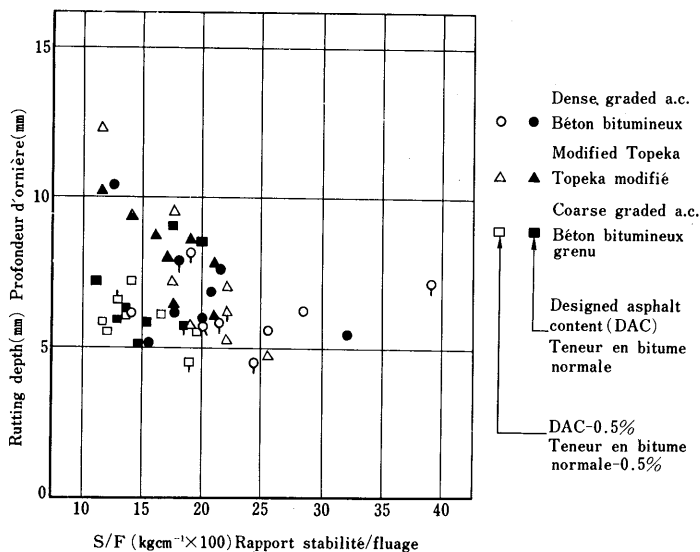


図-5 マーシャルスティフネス(S/F)との変形割合^④

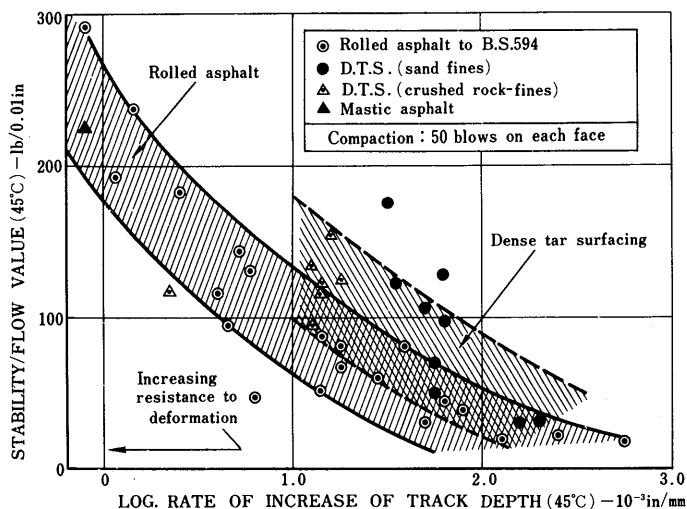


表-2 Suggested Stability Limits for B.S.594 Rolled Asphalt^⑤

Region	B. S. 594 25 per cent stonefilled compositions	Road machine	Wheel-tracking test
		Deformation after 12 min. at 45°C (in.) ()内はmm	Rate of increase of track depth at 45°C (10⁻³ in./min) ()内は10⁻² mm/min
Scotland	Schedule 3	0.9 ~ 0.7 (22.9 ~ 17.8)	50.0 ~ 26.0 (127.0 ~ 66.0)
North of England	Schedule 2	0.7 ~ 0.45 (17.8 ~ 11.4)	26.0 ~ 5.5 (66.0 ~ 14.0)
South of England	Schedule 1	0.45 ~ 0.35 (11.4 ~ 8.9)	5.5 ~ 1.0 (14.0 ~ 2.5)

但し、Scotlandに於いては、路面の最高温度が通常35°Cより高くなることはない。またSouth of Englandでは路面の最高温度が50°Cに達することがあり、かつ重車輛もかなりある。

4-1 現場供用性と60°C粘度

現場での60°C粘度とわだち掘れの関係については、図-7に示すようなダウンズの報告^⑦がある。図-7は、イギリスにおいて実施された広範な道路試験の結果から施工後8年目のわだち掘れとアスファルトの粘度との関係を示している。

4-2 60°C粘度、針入度とトラッキング試験

室内試験のデータとしては、T.L. Speer^{⑧⑨}らが回転式シュミレータを用いてアスファルトの針入度、粘度とわだち掘れの間を求めている。またホイールトラッキング試験とアスファルトの粘度、針入度と塑性変形の関係は、F.A. Jacobs^⑩、菅原らの報告がある。

(1) 針入度と変形量

F.A. Jacobsはロードアスファルトの塑性変形について細骨材の種類と併せて混合物からの回収アスファルトの針入度(45°C)とホイールトラッキング試験との間に密接な相関性があることを示している。図-8(a)に回収アスファルトの針入度(45°C)と変形割合の関係を示す。

また菅原らの報告^⑪によればホイールトラッキング試験から求めたD.Sと針入度、ならびに軟化点の関係は図-8(b)に示すようにD.Sと針入度の相関性は認め難いが軟化点とは相関性が認められることを示している。

図-9はT.L. Speerらの行なった回転式シュミレータによるアスファルトの針入度と変形量の関係を示したもので所謂、Hard AsphaltとSoft Asphaltとの関係とみてよいであろう。

(2) 60°C粘度と変形量

前述したT.L. Speerらの行なった実験^{⑧⑨}をやや詳細に紹介する。

図-10, 11は60°F(15.5°C)~140°F(60°C)の間の7点について回転式トラッキング試験を行ない、その時の変形量とアスファルトの60°C粘度との関係を示している。

さらに、彼らは、100万回通過時点での変形量(Rutting Depth)と60°C粘度との関係式を導いている。即ち、

一般的な舗装試験温度領域におけるアスファルトの温度-粘度関係式を(1)式で示めされるものと仮定すると、

$$\log \log (100\eta + 0.8) = a - m \log T \dots (1)$$

但し、 η ：粘度（ポアズ）

T：絶対温度（°F）

a, m ：定数（あらかじめ、原アスとT.F.O.T 残留物について実験上から求めている）

変形量とアスファルト粘度の関係は(2)式で求められる。

$$R = K\eta^{-n} \dots (2)$$

但し、R：100万通過後の変形量

(Rut Depth)(インチ)

η ：粘度（ポアズ）

K, n ：定数

従って、(2)式を(1)式に代入すると変形量と温度の関係式(3)が得られ、 $(\frac{K}{R})^{1/n}$ を温度に対してプロットすれば、Walther の式と対応できる。

$$\log \log [100(\frac{K}{R})^{1/n} + 0.8] = a - m \log T \dots (3)$$

これらの関係式から代表的なアスファルトについて、変形量からアスファルトの粘度を算出し、実際の測定値

表-3 変形割合の限界値（推奨値）^⑥

Maximum rates of Tracking (45°C) mm/h		
Over 2000 commercial vehicles per day	700-2000 commercial vehicles per day	Under 700 commercial vehicles per day
7 (11.7×10^{-2} mm/min)	30 (50.0×10^{-2} mm/min)	60 (100.0×10^{-2} mm/min)

注) 多くのフルスケールのフィールドテストの結果から表-3のようなホイールトラッキング限界値の提案がなされている。但し、これらの限界値は直線部分に適用されるもので、シャープな曲線部、急勾配箇所、バスストップ、ロータリー、交差点部分は除外されている。
また、表-3の限界値は南部、中央部に適用し、北部地方は路面の最高温度が低いため、若干、大きな値でも、かまわないとしている。

と対応させると図-12に示すような良好な一致を得る。

これらの関係は針入度が55~95か、粘度が 10^6 ポアズ程度の範囲のアスファルトについても十分に対応が可能であるとしている。

結論として、アスファルト舗装の塑性変形とアスファルトの粘度は相関性があり、舗装が通常状態で遭遇する最も高い温度、60°Cの粘度が25°Cにおける針入度、135°Cの粘度より、よりすぐれた対応性がある。また、オリジナルアスファルトの粘度より、T.F.O.Tの残留物の粘度の方がアスファルト舗装の塑性変形を評価するのにより好ましいとしている。

Observed in July 1972 (Accumulated traffic volume of heavy commercial vehicles : 6.0×10^6)
Mesurés en juillet 1972 (Trafic cumulé de véhicules commerciaux lourds : 6.10^6)

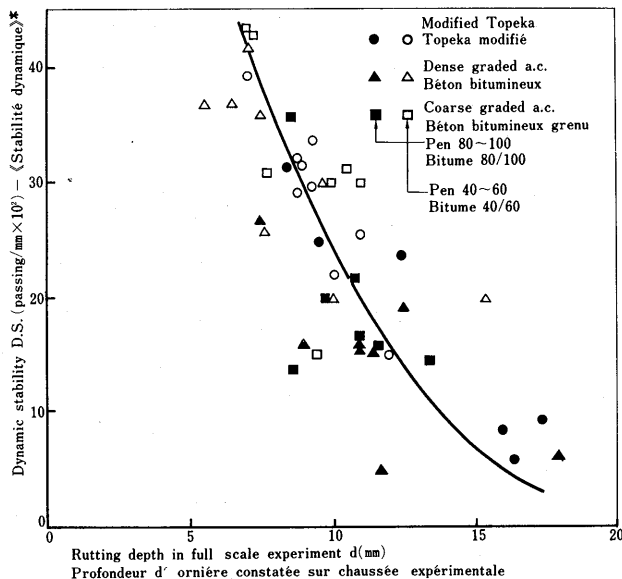


図-6 D.S.とわだち掘れの関係^③

図-7 粘度とわだち掘れ

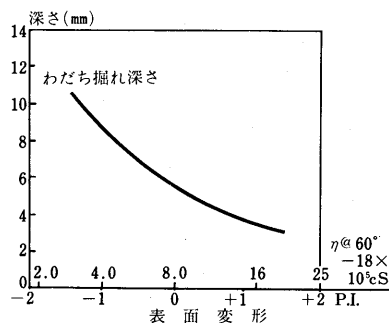


図-8(a) 回収アスファルトの針入度(45°C)と変形割合^⑩

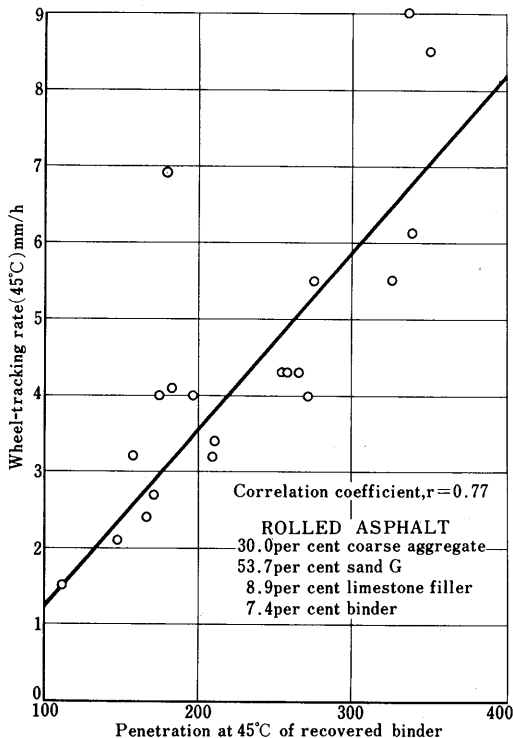


図-8(b)

D.Sと針入度, 軟化点の関係^⑫

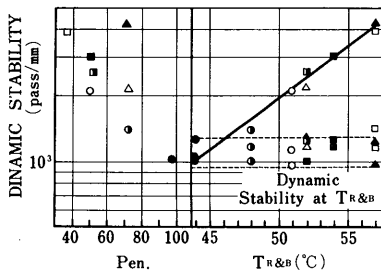


図-10 アスファルトの粘度と変形量^⑨

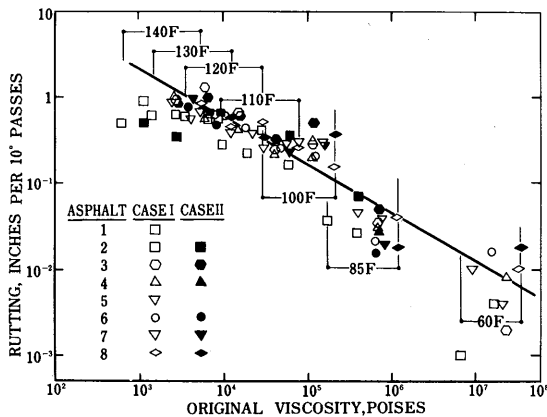


図-9 針入度と変形量^⑧

6.5% ASPHALT CONTENT AT 115F TRAFFIC TEMPERATURE

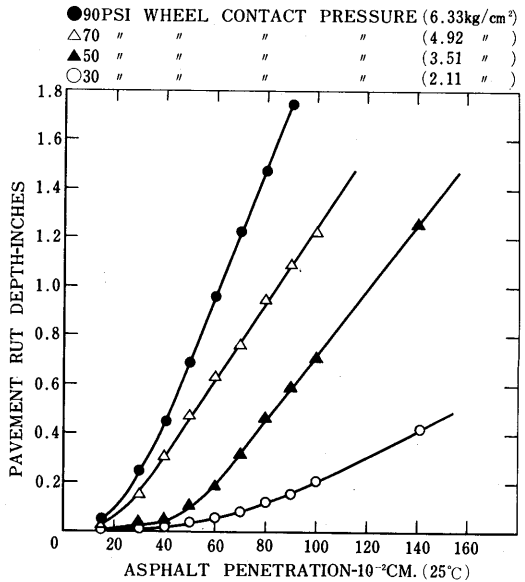


図-11 T.F.O.T残留アスファルトの粘度と変形量^⑨

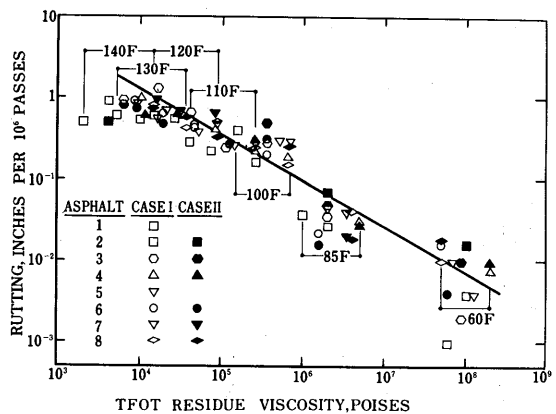
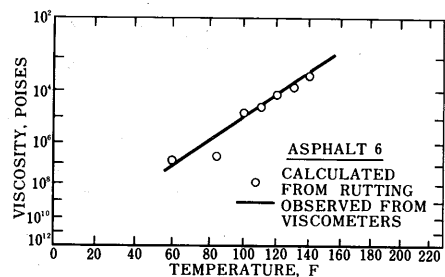


図-12 変形量から求めた粘度と実測値との関係^⑨



他方、わが国においては、最近、菅原^⑩らの研究発表がありアスファルト混合物の変形抵抗性はアスファルトの性質の中で、粘度により一義的に決められることが述べられている。図-13に45℃および軟化点温度における粘度とホイールトラッキング試験のD.S.の関係を示す。

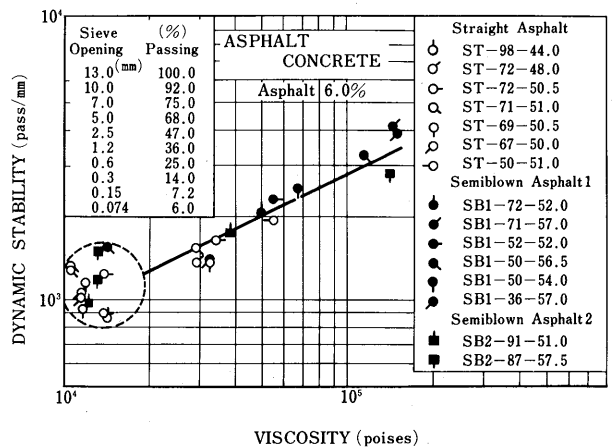
5. 諸外国における移動荷重を用いたくり返し載荷試験(車輪走行試験)に関する研究例

5-1 車輪走行試験機の利用状況

近年、諸外国においてもわだち掘れがかなり大きな問題となっており、OECD道路研究グループの報告^③によれば、加盟国の約半数がこの問題に関心を寄せている。

表-4に示した試験は同報告書に、舗装の変形現象を明らかにするためマーシャル試験、貫入量試験(グースアスファルト)等在来の標準試験に対して“新しい試験”として収録されているものである。特にわだち掘れ現象に関してはくり返し載荷試験により特徴づけようとしている。しかし、わだち掘れに対する規格、または推奨値

図-13 粘度と動的安定度^⑪



を打ち出している国はイギリスおよびフランスに限られている。

また、いくつかの研究機関では、混合物の力学的研究

表-4 OECD道路研究グループが収録した“新しい試験”

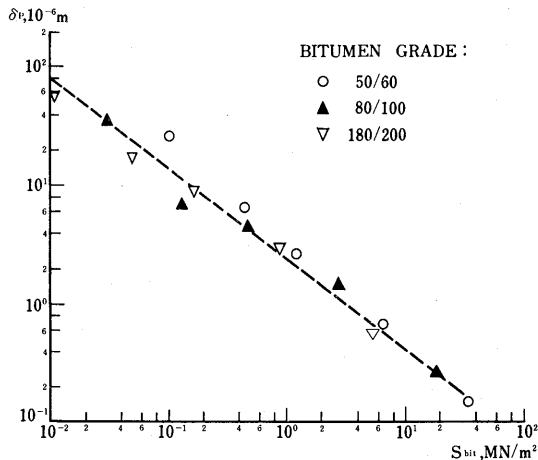
分類	試験項目	備考
アスファルト混合物の締固め温度に関する試験	ジャイレトリー締固め試験	供試体を現場の最高温度で締固める。 混合物の空ゲキ比不足、バインダー過剰、骨材のもろさによる安定度不足
アスファルト混合物の現場温度における試験	1回載荷試験	圧裂試験
		45℃における試験結果は交通による永久変形と結びつけられ、-10℃における試験結果はひびわれ抵抗と結びつけられる。 暫定的に圧裂試験による力学的な安定度の基準が提案されている。(ベルギー)
		クリープ試験
		実際に起る問題の1部の面だけにしか相当しない。 たとえば、クリープ現象は重車輦の駐車によって起る。
		三軸破壊試験
		破壊特性を表わすが、塑性変形に対する抵抗の問題に直接使うことができない。
	くり返し載荷試験	移動荷重を用いたくり返し載荷試験
		(ホイールトラッキング試験、わだち掘れ試験、大型円形テストトラック等) 実際の現象を再現することに関しては単に相対的な正確さしかない。 現場のわだち掘れの深さとの相関関係の資料が少ない。
		パルス発生機を舗装上で用いるくり返し載荷試験
		舗装使命の促進試験法に使う。これらの試験は塑性変形現象を研究するのに使える。
		供試体を用いるくり返し圧縮載荷試験
		アスファルト供試体にくり返し圧縮載荷を与える試験で、側方拘束をかける場合とかけない場合がある。 側方拘束をかけた方が、実際のアプローチできる。
フルスケール道路試験	実際の舗装における観察	混合物の一般的な挙動は把握できるが、種々のパラメータの影響をとり出すことは容易でない。
	試験舗装における観察	多数のパラメータの組合わせが研究できるように、短い区間の試験舗装をかなり多くつくるのが慣例である。

表-5 回転車輪走行試験機

名 称	ホイールトラック試験	ロードマシン	室内試験走路	屋外試験走路	室内交通シミュレート試験機	回転舗装試験機
国 名	イギリス	イギリス	オランダ	ニュージーランド	アメリカ	日 本
報 告 者	—	N. W. LISTER	W.D.O.PATERSON	T. L. O. PATERSON	T. L. SPEER	—
所 属	RRL	RRL	SHELL RESEARCHN. V.	カンタベリ—大学	AMERICAN OIL COMPANY	日本道路公団試験所
試験トラックの 大 き さ	305mm×305mm	直径 67.2m (220ft) 幅 3.0m (10ft)	外径 3.25m 幅 0.7m	平均直径 19.7m 幅 1.3m	直径 4.2m (14ft) 幅 0.3m (12in)	平均直径 6m 幅 1.6m
試験車輪数 大 き さ	径200mm, 幅50mm, ソリッドタイプ	— —	— —	複数×2ヶ 9.00×12×12ply トレッドタイヤ	4 輪	4 輪 スバイクタイヤ, スノー タイヤ
輪 荷 重※	53.5kg	5,100kg, 6,800kg (空気制御)	1500lb (330~4400lb)	(3000~9000lb) (コンク リート・バラストで調整)	— (20~90psi)	1 t, 2 t (0~3 t)
接 地 圧 ※	52~5.5kg/cm ²	—	70psi 70	40psi, 90psi	—	—
輪 走 行 速 度※	—	28km/h	15.3km/h (0~16km/h)	19km/h	30mph (10~40mph)	40km/h, 60km/h (10~60km/h)
試 験 温 度※	45°C	20~50°C	20~60°C	25°C, 40°C	20~160°F (-7 ~71°C)	(-20°C~60°C)
供 試 体 厚	50 mm	ロールードスファルト 100mm (4 in)	5, 10, 14.2cm	—	—	—
そ の 他		・太陽直射光線を防ぐよ う周囲に屋根を設けて いる。 ・加温は赤外線ランプに よる。		・コンクリートスラブ内 に加温装置を装備 ・4ヶのタイヤのうち1つ だけは電気制御のブレ ーキがついている。	・トルク 6.5ft・lb, 150ft・lb (15~360ft. lb)	・最大勾配 6%相当のト ルク発生可能。 ・タイヤは標準位置より ±200mmシフト可能。

※各仕様の()内の数字は試験機の使用可能範囲を示す。

図-14 1輪当りの永久変形量(S_p)と混合物のバインダーのスティフネス(S_{bit})の関係(10cm厚)



のために、環形の走行試験機が用いられている。

以下に、これらの車輪走行試験について紹介する。

(1) タイヤが直線的に前後進する車輪走行試験機

(i) ホイールトラッキング試験機^③

英国道路研究所 (TRRL) で考案されたもので、この種の試験機としては最も古い。試験は供試体をソリッドタイヤに荷重をかけ、1分間に42回の割合で前後に通過させたときのわだち掘れの生ずる速さを求めるものである。試験は45°Cで45分間続ける。

当初ロールドアスファルトの評価を目的として考案されたが、他の国においてはアスコンに拡張して応用しており、もっと高い試験温度で行なっていることが多いようである。英国の推奨値を表-3に示した。

(ii) わだち掘れ試験機 (Orniéreur)^③

フランスおよびベルギーにおいて使用されている試験機でホイールトラッキング試験機のタイヤを大きくした

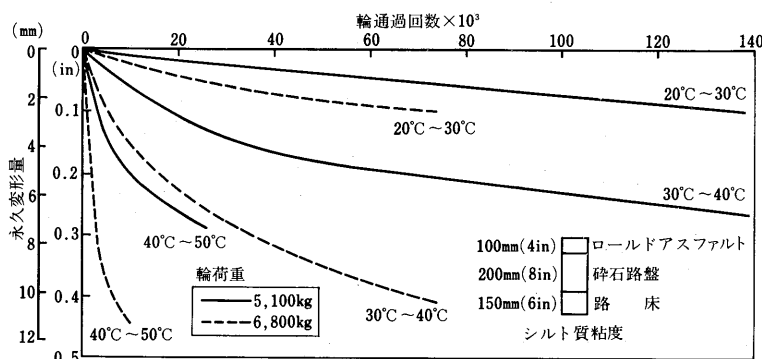
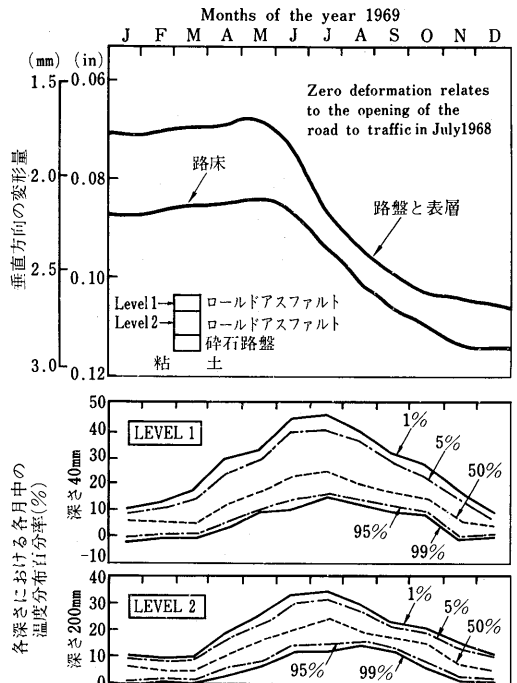


図-16 荷重と温度の組合せによる輪通過回数と永久変形量の関係

図-15 ロールドアスファルト舗装の変形の発展状況と各舗装体の各月の温度分布状況



ものである。1輪当りの荷重は500 kg、タイヤの空気圧は6 barである。試験温度は45~55°Cで輪通過回数は通常10万回と非常に多い。

フランスでは、10万回通過後のわだち掘れ深さがアスコンで3~4 mm、サンドアスファルト合材で2~3 mmと浅ければ、それらの仕様を満足している。

なお、同じ原理を用いた装置を現在スペインが開発している。

(2) 環形走行路による車輪走行試験機

諸外国で用いられている車輪走行試験機の仕様を表-

5に示した。なお参考までに舗装回転試験機(日本道路公団)も合わせて示した。

(i) ロードマシン (Road Machine)

TRRLのLister^③は、温度および輪荷重のわだち掘れに対する影響を評価するために、ロードマシンを用いている。本機の形状は表-5の通りであり、温度コントロールは赤外線ランプによる加温であり、周囲に屋根を設け試験部分に直射日光が当たらないようにして

いる。

(ii) 室内試験走路

SHELLのHotstra^⑭らは、わだち掘れに対する混合物のバインダーの針入度、骨材の性質等の要因の影響を比較するため室内試験走路を用いて試験している。試験は十分コントロールされた種々の温度状態で行なわれている。

(iii) 屋外試験走路

Peterson^⑮は本機により密粒アスコンの交通荷重による瞬間的なびに永久変形を測定しており、荷重と温度をコントロールした状態で試験している。この結果は実際の状態と若干の関連性を示している。

試験車の走行速度は19km/hと実際に比べかなり遅いが、載荷時間は長くなることから、条件は厳しくなり、それだけ現象は促進されるとPetersonは述べている。

(iv) 室内交通シュミレート試験機

T.L.Speer^⑯(American Oil Co.)はアスファルト量およびアスファルトの針入度に着目しながら、本機によりアスファルト混合物の変形を測定している。また、わだち掘れに対するアスベストの有効性を明らかにしている。

本機は紹介した4つの中で最も規模の小さいものであるが、試験装置全体が温度コントロールされた部屋に入れられており、その使用可能な温度範囲は最も広い。

5-2 ホイールトラッキング試験に対する評価

アスファルト混合物層の永久変形の原因として、

i) 誘発要因：交通くり返し荷重

ii) 促進要因：舗装温度

iii) 抵抗要因：混合物の性質（アスファルトの粘度、骨材の性質など）

と分けて考えることができる。

このうち、ホイールトラッキング試験では、一定温度、一定走行で試験するため、供用時の一時的な状態において抵抗要因である混合物の性質を評価することになる。

ホイールトラッキング試験による混合物の評価についての報告は多く、図-14はHotstraらが報告した評価の1例である。ここでは、アスファルトの針入度級50~60、80~100、180~200の3種について、温度20~60℃におけるバインダーのスチフネスと永久変形の関係について述べている。

このようにホイールトラッキング試験は、アスファルトの針入度、骨材の性質、試験温度など種々の要因の影響を示すことができるので、現時点では、わだち掘れに対する混合物の抵抗に関する包括的な概念を与える試験法として評価されている。

しかし、供用性は舗装の長期の挙動より判断されるものであるから、先に示した各要因の複雑な交互作用によって評価されなければならない。

一般に舗装温度の最高点で試験評価すれば、供用性との関連が強いだろうと考えられているが、舗装の温度分布によっては必ずしもそうではなく、OECDグループ報告でもこの点を認め日本の例を紹介しているにすぎない。

つまり、現時点において、ホイールトラッキング試験は混合物の相対的の評価に限定すべきであるというのが海外における一般的な結論とされている。

しかし、供用性と関連づけようと研究しているのも事実で、TRRLのListerは前述した各要因を分離評価することによって配合設計にフィードバックする手法を提案している。

Listerは、現位置観測により英国における標準的アスファルト舗装の年間のわだち掘れ進行と舗装温度の関連について図-15のようであると述べている。

図-15からわかるように、わだち掘れの進行速度が最も大きいのは夏の舗装温度の高い時である。また舗装温度をみると、この時期の最高温度は、時間的にはわずかなが平均温度よりはるかに高くなっている。このことから、アスファルト舗装のわだち掘れの大部分は暑い時期に通過するわずかな交通量で起ることがわかる。

そこでListerは前節で述べたロードマシンを用いてわだち掘れに対する交通荷重と舗装温度の影響度を調べた。図-16がその結果であり、舗装温度の影響が大きいことがわかるが、注目されることは高温領域である40~50℃で輪荷重の大きさの違いにより永久変形が著しく異って現われてくることである。これは路床の変形が関与してくるため、試験終了後に断面をカットしてみると輪荷重6,800kgの場合には路床まで変形が及んでいることが観測されている。

これらの結果を用いて前節に示した英国におけるホイールトラッキング試験の規格値を検討してみる。

Listerがロードマシンに用いた舗装構造は、Road Note 29によれば、設計交通量 6×10^6 標準軸数に対応している。今、アスファルト混合物層の永久変形だけを考えて、標準軸数を実験に用いた輪荷重5,100kgの軸数に一応AASHO Road Testによる換算法を用いて換算すると次のようになる。

$$6 \times 10^6 / (5,100/4,100)^4 \approx 2.7 \times 10^6$$

一方、図-15から舗装温度が40℃以上となるのはほぼ年間の $7 \times 10^{-2}\%$ であるから、設計寿命間も同様の温度分布だと仮定すると、舗装温度が40℃以上の分布帯における交通量は、

$$2.7 \times 10^6 \times 7 \times 10^{-4} \approx 2 \times 10^3$$

となる。すると図-16から舗装温度40℃以上の分布帯の交通量によりほぼ4mmのわだち掘れが設計寿命までに発生することが推察される。また、40℃以下の分布帯につ

いても同様な計算ができ、ほぼ同程度のわだち掘れができることがわかる。つまり、この舗装は設計寿命までに8mm程度のわだち掘れが起きると予測できる。

一方、ホイールトラッキング試験について考えてみると、試験条件は接地圧 $5.2 \sim 5.5 \text{ kg/cm}^2$ 、試験温度 45°C となっており、ほぼListerが行なった輪荷重 $5,100 \text{ kg}$ (接地圧 5.5 kg/cm^2 , $r=12+P$ として)、試験温度 $40 \sim 50^\circ\text{C}$ の範囲に入っている。またその規格値は表-3から重交通区分で 7 mm/hr となっている。

表層のように薄い層の変形に対しては、荷重条件として接地圧で一意的に決めるから、 $7 \text{ mm/hr} = 7 \text{ mm}/2,520$ 回としてListerの結果と比較してもさしつかえないと考えられる。すると、この規格値に相当する舗装はListerの用いた舗装の約2倍の変形を生じると推測される。

また、英国においてわだち掘れ深さ 25 mm を破壊規準として暫定的に採用しており、この規格を満足すれば、軸数 6×10^6 までは供用性に関して十分であると推察できる。

英国のように 0.07% の舗装温度分布帯で推定わだち掘れの約 50% が起り得る状態ではホイールトラッキング試験のような一定温度、一定走行の単純な試験でも十分供用性との関連づけは可能となるわけで、我国においても舗装温度分布、交通荷重分布とを関連させた試験条件を与えることにより、ホイールトラッキング試験はより供用性を評価できる試験法となるであろう。

6. あとがき

以上、アスファルト舗装の塑性変形についてバインダ一面からアスファルトの性状に関する既往の資料を基にその概念を紹介した。この他にも種々の研究がなされているがアスファルトの性状面からアプローチした資料が少なく、かつ、入手が困難な点もあり省略した。

アスファルト舗装の塑性変形に影響を与える内的要因のうちバインダーであるアスファルトについては現在のところ、粘度を基本とする評価方法が大勢を占めているようである。また、粘度については、より使用条件に近似していると言うことからTFOTまたはRTFOT(回転薄膜試験)後の残留物についての表示が好ましいと言われている。

アスファルトの性状と関連して混合物の目的別試験としては試験条件等の問題があるにせよ現時点ではトラッキング試験(ホイールトラッキング、回転式シュミレータ等)が国内外の研究資料からして適当なようである。

舗装用アスファルト分科会では、現在、 60°C の粘度を基本とし、耐流動対策に目的を絞って試作アスファルトの物性試験ならびにその混合物の試験を行なっている。しかし、他方、アスファルト舗装の遭遇する環境条件を

考慮した場合、耐流動性を重視するあまり他の性状、例えば、はく離(耐水性)、クラック、摩耗、疲労、老化、施工性等の面からの配慮も忘れてはならない。

いずれにしても、現在、行なっている共同試験の結果を凡ゆる方面から解析、検討し、上記した問題等を踏まえた上で舗装用アスファルトそのもののあり方も加味し規格の見直し、改訂を考察して行くことが必要であろう。

(参考文献)

- 1) 路面性状の基準に関する調査報告書
日本道路協会 49.3
- 2) 土木研究所資料 No.923号 建設省土木研究所 49.3
- 3) Resistance of flexible pavements to plastic deformation, OECD Road Research Group, 1971.
- 4) A. Plesee; Comments on the use of the Marshall Test for evaluating Dense Bituminous Surfacing, TRRL Report.
- 5) Bituminous Materials in Road Construction, TRRL (1962) P. 148
- 6) TRRL Leaflet 1971. 1
- 7) M. L. W. Dounees; アスファルト, 15(87), 2(1972)
- 8) T. L. Speer; Laboratory Traffic Tests of Minuturre Asphalt Highways., AAPT. Vol 31 (1962) P. 507
- 9) T. L. Speer 他; Asphalt Viscosity as Related to Pavement Performance, AAPT. Vol 32 (1963) P. 236
- 10) F. A. Jacobs; The Resistance to Deformation of Rolled Asphalt, Effect of Type of Sand and Binder. TRRL Technical Note 1973. 5
- 11) 菅原他; アスファルトの粘度と混合物の変形抵抗性, 第31回土木学会講演概要第5部, P. 237
- 12) 菅原他; アスファルトの針入度・軟化点が混合物のなかにおいて持つ意義について, 第12回日本道路会議論文集 10 (1974) P. 237
- 13) N. W. Lister "The Transient and Long Term Performance of Pavements in Relation to Temperature" The 3rd Proceedings.
- 14) A. Hotstra and A. J. G. Klomp. "Permanent Deformation of Flexible Pavements under Simulated Road Traffic Conditions"
- 15) W. D. O. Peterson "Deformation is Asphalt Concrete Wearing Coursed by Traffic"
- 16) T. L. Speer and J. H. Kietzman "Control of Asphalt Pavement Rutting with Asbestos Fiber" HRB. Bulletin No. 329.

アスファルト舗装の破壊の実態と その要因および対策について

小 島 逸 平*

1. まえがき

舗装は供用性が低下すると、その程度に応じて維持修繕が行なわれる。この供用性の低下をもたらす舗装の破壊現象の評価には、主として乗り心地に関係する路面性状（わだち掘れ、縦断凹凸、段差、など）の評価と、オーバーレイ厚さの決定などにみる構造的な性状（支持力の低下、ひびわれなど）の評価、の両面からなされるのが一般的である。

舗装用アスファルト分科会の研究活動はまず、アスファルト舗装の供用性を低下させる、ひびわれ、流動、はく離、まもう、などの破壊現象の実態と対策の現況を調査し、その個々の問題点の中で、主としてアスファルトに起因する要因を抽出することからスタートした。以下、アスファルト舗装の代表的な破壊の実態と、その防止対策の現況を紹介する。

1. ひびわれ（Cracking）現象

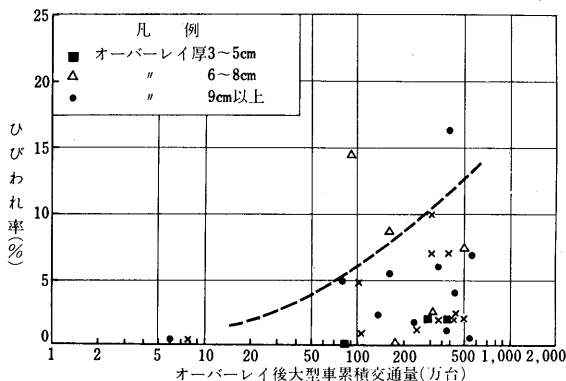
アスファルト舗装を維持修繕する場合の判断基準は、わだち掘れ量、やひびわれ率、がある一定の水準に達した時期に行なわれているのが一般的である。直技第27回の調査では、アスファルト舗装のオーバーレイ前の路面のひびわれ率は10%以上であった割合が全体(300件)の約80%であった。これに対して、わだち掘れが20mm以上であった割合が50%であった。したがって、ひびわれ破壊がオーバーレイの根拠になっているケースが多いことがわかる。そこで、アスファルト舗装のひびわれ破壊について、実態と対策の現況を示す。

表-1 オーバーレイ前供用年（直技27回）

	～3	～5	～7	～8	～9	～10	～11	～12	～13	～15	15以上
不 明		2	15	10	15	8	7	5	3	6	3
0～5%	1		1	3	1	2	2	2			
5～10%		2	4	5	3		2			1	1
10～20%	1	1	8	13	8	5	9	5	2	3	3
20～50%	5	2	18	16	22	10	11	5	8	4	3
50～100%		1	6	14	5	1	5	1	4	2	2

*建設省土木研究所舗装研究室
舗装用アスファルト分科会幹事

図-1 オーバーレイ後の交通量とひびわれ率
(アスファルト舗装)(直技第29回)



1-1 実態

直技第27回の調査では、オーバーレイ前の舗装の供用年数とひびわれ率の調査から表1のように、供用年数が7～10年、ひびわれ率が20～50%、の範囲にある舗装が多い実態を示している。また、オーバーレイ後のひびわれ率の推移として図1の関係がある。これによれば累計大型車数 300万台（C交通で約5年間）の時期はオーバーレイ層が悪い場合には10%程度のひびわれ率になり得る傾向がわかる。

1-2 関係する要因

直技第27回の調査から、現在のアスファルト舗装要綱に示された設計法で設計すれば、予想される交通量を通過させた時期にひびわれ率が20%を超えるものは全体の20%程度であろうと推定できる（図2,3参照）。しかし、

実態は舗設より7～9年を経過してオーバーレイした時のひびわれ率が20%を超えるものの比率は50%以上を示している。このため、オーバーレイまでの時期と要綱で考えている舗装寿命10年との間には少し差がある。この原因

図-2 T_Aと累積大型車交通量(CBR3%以下, 直技27回)

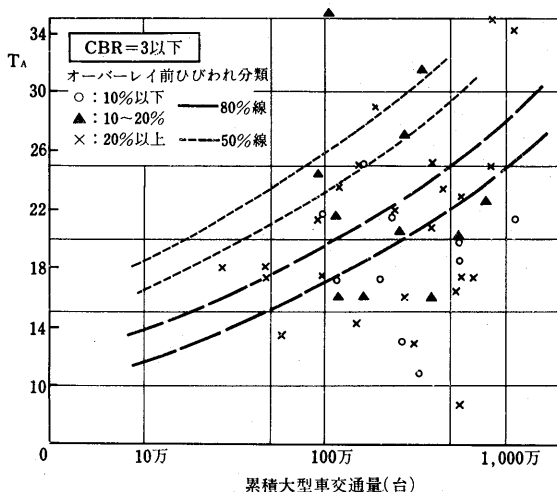
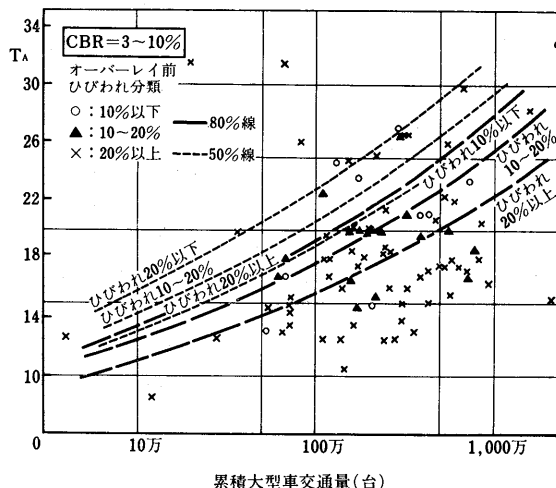


図-3 T_Aと累積大型車交通量(CBR3~10%, 直技27回)



としては計画交通量と実際交通量とにずれがあることが指摘される。このことは、オーバーレイ時の大型車交通量と設計CBRによって必要とするT_Aと、在来の舗装構成における実際のT_A(T_{A'}とする)との比(T_{A'}/T_A)が0.5~0.8 近くのものが多い事実からもうなづける。このようなことから、アスファルト舗装のひびわれ破壊の原因が構造設計による面が少なくないといえよう。この他、ひびわれに影響する要因としては図4に示すような要因があると思われる。

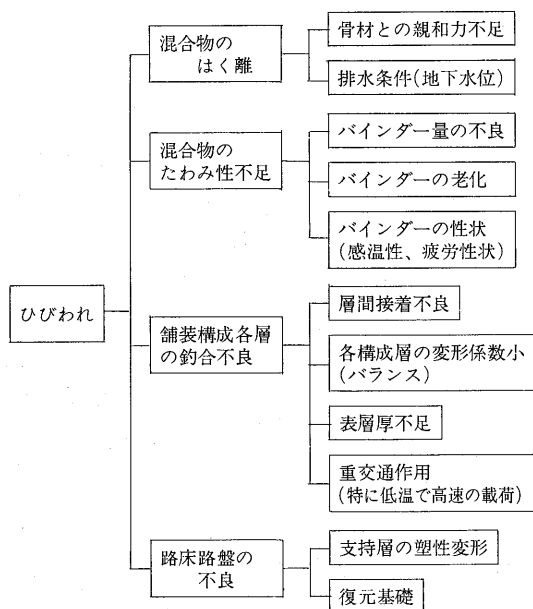


図-4 ひびわれに関係する要因

1-3 対策

図4に示した要因に関連して経験的に実施されている対策としては次のようなことがある。

- (イ)アスファルト混合物のはく離対策の項を参考にした処置を行なう。
- (ロ)たわみ性に富んだ混合物を使用する。(グースアスファルト、細粒度アスコンや特殊材料の使用)
- (ハ)感温性、疲労特性、の良い材料を使用する。
(ゴム・樹脂、で改質したアスファルトを使用する)
- (ニ)シート、メッシュを併用したオーバーレイ工法。

さらに高速道路関係では以下のような具体的な対策を必要に応じて採択している。

- (ホ)構造的補強として+10cm, +15cmのオーバーレイ
- (ヘ)排水機能の欠陥に対する中央帯からの浸入水の防止
- (ト)CuBx部の不等沈下に対する薄層のパッチング処理
- (チ)走行わだち部に発生する縦ひびわれに対する3cm程度の防水機能をもったオーバーレイ。

この他、先の構造設計に関係したものの検討が残されているが、これについては現在、アスファルト舗装要綱改訂小委員会、構造設計分科会で検討中であり、今回の改訂時には修正されたものが示される計画である。

2. わだち掘れ (Rutting) 現象

アスファルト舗装の供用性を低下させる破壊現象の2番目の問題点として、アスファルト混合物の流動現象がある。流動現象は場所によってあらわれ方が異なるが、いわゆる、わだち掘れ (Rutting) と、コルゲーション (Corrugation) は区別して評価されている。近年問題にされ、その防止対策に技術的検討がなされているのはこ

のうち前者の方である。以下に、わだち掘れを中心にその実態と対策の現況を紹介する。

2-1 実態

路面性状の基準に関する調査特別委員会の調査によれば、一般直線区間のわだち掘れの水準は図5に示すように5～15mmが最も多く、20mmを超えるものは5%程度しか認められない。また、昭和48、49年度の補修計画区間を対象とした実態調査によれば、(イ)わだち掘れが原因で補修する工事は、直轄国道で30～50箇所に及んでいる。(ロ)最大わだち深さは20～100mmにも及んでいる。(ハ)わだち深さが30mmを超える区間の1箇所あたりの延長の割合は200～300mが多い、などが実態である。

さらに、直枝第28回の調査では、実態調査の結果から、わだち掘れ深さが10mm、15mm、20mm、30mmを超える確率を推定している(図6参照)。これによれば、300万台(C交通で5年間相当)の大型車交通に供用した時期のわだち掘れは50%以上が10mmを超えるという推定ができる。

交差点部分は、車の制動、発進など特異な交通荷重

図-7 わだち掘れの経年変化

(幕張試験舗装 第1車線)

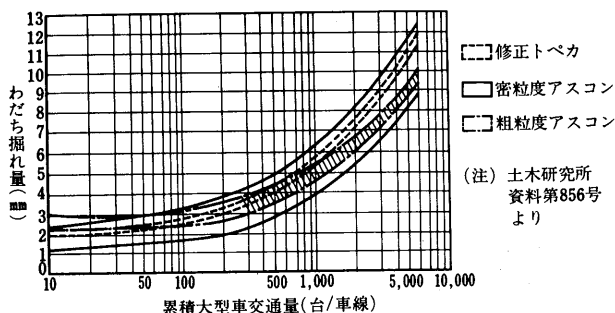


表-2 交差点前のわだち掘れ調査一覧表 (直枝28回)

No.	路線 地名	大型車交通量 (供用年数)	表層合材	最大波長 (m)	交差点による わだちの深い 区間長 (m)	交差点前最大 わだち掘れ量 (Rmax)	単路部わだち 掘れ量 (Rcon)	$\frac{Rmax}{Rcon}$
①	1号 大阪府寝屋川	1600 (12h) (.....)	—	>1500	400	25	6	4.9
②	11号 高松市	1800 (2車) (4.7)	密粒	250	150	19	10	1.9
③	8号 金沢市	1500 (2車) (4.2)	修正トベカ (ゴム入り)	350	220	22	6	3.6
④	12号 札幌市	3300 (2車) (2.0)	密粒 (北海道型)	260	350	25	5	5.0
⑤	4号 埼玉県越谷	5900 (2車) (7.7)	修正トベカ	140	—	30	—	—
⑥	1号 愛知県飛島	3800 (2車) (7.7)	密粒	100	—	45	—	—
⑦	2号 広島市	4200 (2車) (7.0)	密粒	180	200	45	15	3.0
⑧	1号 横浜市	6900 (2車) (.....)	密粒	250	300	28	5	5.6 3.9

図-5 一般国道のわだち深さの水準(交差点除く)

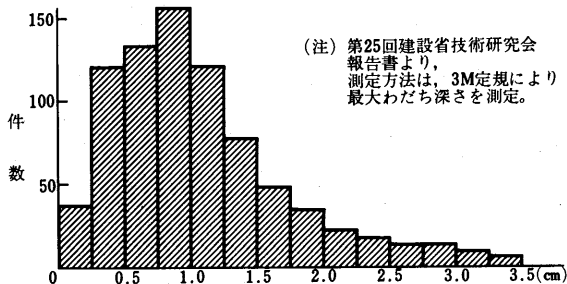
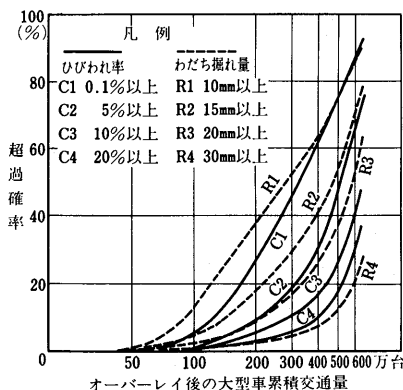


図-6 ひびわれ発生確率とわだち掘れ進行度の比較 (直枝28回)



を受けるので一般直線区間とわだち掘れのレベルが異なる。これについては、表2に示す調査結果があり、一般区間の2～5倍のわだち掘れ量が発生している実態がわかる。

わだち掘れ深さは経時的に推移する。この様子を幕張試験舗装の結果でみると図7の傾向がある。すなわち、累計大型車数が 10×10^4 、 100×10^4 、 600×10^4 に達する時期のわだち掘れ深さはそれぞれ1.5～3.0mm、4～6.5

mm、～8.5～12.5mmに増大している。また、表層混合物の種類に応じてわだち掘れ深さが相違しており、粗粒度アスコンが小さく、細粒度アスコンが大きい傾向にあり、密粒度アスコンは中間的なレベルにあることがわかる。

2-2 関係する要因
表層、基層のアスファルト混合物の塑性流動に起因するわだち掘

表-3 各種要因の単相関と要因効果（直枝30回）

要 因	大 型 車 交 通 量	荷重係数	針 入 度	設 計 A _a 量	空 隙 率	S/F	平均わだ ち掘れ量
大 型 車 交 通 量	1	0.679	-0.139	0.081	-0.162	-0.095	0.249
荷 重 係 数	0.679	1	0.001	0.409	-0.022	-0.171	0.271
針 入 度	-0.139	0.001	1	0.250	0.051	-0.177	0.037
設 計 A _s 量	0.081	0.409	0.250	1	0.204	-0.417	0.020
空 隙 率	-0.162	-0.022	0.051	0.204	1	-0.168	-0.075
S/F	-0.095	-0.171	-0.177	-0.417	-0.168	1	-0.136
平均わだち掘れ量	0.249	0.271	0.037	0.220	-0.075	-0.136	1
偏 相 関 係 数	0.118	0.055	0.013	0.138	-0.091	-0.047	
要 因 効 果	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)	

れは、混合物の性状と気象条件、交通条件が相互に作用してあらわれる現象といえる。直枝第30回の調査によれば、わだち掘れ量に対する要因効果の検討を行ない表3の結果を得た。これより次のような関係が指摘できる。
 (イ)交通量、針入度、アスファルト量、が(+)の要因効果がある。したがって、わだち掘れ量を小さくするためにはこれらの要因を減らすような処置が有効である。
 (ロ)S/F、空げき率、は(-)の相関関係にある。したがって、わだち掘れ量を小さくするためにはこれらの要因を増大させる処置が有効である。

2-3 対 策

幕張試験舗装の調査から、塑性流動抵抗係数（Pfr =
 表-4 塑性流動抵抗係数との要因効果

要 因	小←Pfr→大	要 旨
イ) 2.5mm通過量	大 小	細粒度アスコン、密粒度アスコン、よりも粗粒度アスコンが有効
ロ) アスファルト針入度	大 小	80/100より 40/60が有効
ハ) 0.6 mm通過量×アスファルト針入度の交互作用	小×大 大×小	0.6 mm通過量が大きく同時に針入度小が有効
ニ) 0.074 mm通過量×アスファルト量の交互作用	小×大 大×小	0.074mm通過量が大きく、アスファルト量が少ない方が有効
ホ) アスファルト量×針入度の交互作用	大×大 小×小	40/60で(OAC-0.3)%が80/100でOACより有効
ヘ) アスファルト量	大 小	(OAC-0.3)%が有効
ト) 2.5 mm通過量×骨材の種類交互作用	大×玉砕 小×砂岩	砂岩で粗粒度アスコンが有効
チ) 0.6 mm通過量×アスファルト量×針入度の交互作用	小×大×小	アスファルト量が少なく、0.6 mm通過量が大きく針入度のものが有効

累計大型車数
 塑性変形量) に対する要因として表4に示するような関係が認められているので、流動対策にはこれらの諸要因を考慮して配合設計することが有効であり、現場に反映されている。

さらに、アスファルト舗装要綱の昭和50年度版では、重交通道路でわだち掘れに対する考慮が必要な場合には、配合設計は75回突きのマーシャル定度試験を行ない、さらにホイールトラッキング試験を実施して採択をきめることが望ましいという判断を示している。ここでホイールトラッキング試験で求まる動的安定度を大きくする要因としてはこれまでの実験結果から表5のような関係が得られているので、これらを考慮してアスファルト混合物の配合を行なうことが流動対策上良好といえよう。

表-5 ホイールトラッキング試験による動的安定度との要因効果

要 因	大←DS→小	
アスファルト量	少 多	(OAC-0.3)%が有効
アスファルト針入度	小 大	80/100より 40/60が有効
粒 度	粗 密	粗粒、密粒、細粒の順で有効
粗 骨 材 料	多 少	チップングなどの処理が有効、チップは5号がよい。
セ メ ン ト 消 石 灰	多 少	フィラーの一定量使用、消石灰は25%以内で多い量が有効
樹 脂 ゴ ム	多 少	NR, SBR, EVA, EEAなどをアスファルトに一定率使用
骨 材 温 度	高 低	効果的な締固め度を得る条件として有効

3. はく離 (Stripping) 現象

アスファルト混合物が水と温度と交通の相互作用によ

って骨材表面からアスファルトがはがれる現象をはく離 (Stripping) とよんでいる。

アスファルト舗装において、はく離が発生すれば、表層、基層の流動やひびわれが発生する原因になり舗装の供用性を低下させる傾向にある。

以下その実態と対策の現況を示す。

3-1 実 態

建設省技術研究会が昭和46、47年度に実施したアスファルト混合物のはく離現象に関する調査研究では次のような実態を報告している。

- (イ) はく離が認められない個所 (NS) は全国平均では、16.3%にすぎず、残り約85%は程度に差はあるものの多少のはく離は認められる。
 - (ロ) はく離が一番進行して、混合物の安定性がまったく失われているという水準 (S3) に評価されるものは17.1%に達し、発生頻度が高い。
 - (ハ) はく離が発生すれば、舗装の破壊を早め修繕の頻度も高くなる。特にNS、S1に比べ、S2、S3ではオーバーレイを行なう割合が高くなる。
- (ニ) アスファルト舗装のはく離のレベルがNSからS3に進行すれば、ひびわれ率は平均4.5%から18.0%に増加する路面性状の変化がある。これは、路面た

わみ量が、0.4 mm未満から0.8 mm以上に増加した場合、また累計大型車交通量が 100×10^4 未満から、 200×10^4 以上に増加した場合の影響より大きい。

3-2 関係する要因

アスファルト混合物が、はく離現象を起こすためには、まず混合物が水を含んだ状態にならなければ発生しないといえる。はく離に関係する因子としては図8に示すような要因があげられる。しかし先の直技の調査では、これらの要因の中でも主としてアスファルト混合物に内在する要因との関連で次のような傾向のあることを指摘している。

- (イ) S3の状態での路盤の含水比はNSのそれより高い傾向にある。したがって路盤中の水分は、はく離を促進するといえる。
- (ロ) 安定処理路盤を用いればS3になる頻度が小さくなり中でも加熱アスファルト安定処理路盤を用いた構成が良好である。
- (ハ) 基層混合物は2.5mm通過量とアスファルト量の多いものは、はく離が少ない。

土木研究所と九州地方建設局が、共同で実施した鹿児島および宮崎のアスファルト混合物のはく離に関する試験舗装の調査結果やこれに関連する室内試験の結果から、はく離と定性的に対応する因子として表6に示すようなことがらが認められている。

3-3 対 策

アスファルト舗装のはく離が全国的に認められ、かつ舗装の供用性に悪影響を与えているという実態を考慮して、主として直技の成果および試験舗装での成果をもとに、はく離防止対策基準(案)の提案があるので、これの概要を紹介する。ただしこの基準(案)は、今後の調査結果や、はく離の原因の定量的な研究や、はく離の発生メカニズムに対する解明がなされて、基準の成案ができるまでの暫定的なものである。

3-3-1.対象工種

- はく離防止対策を講じる対象工種は次の各項による。
- (イ) 粒状材料およびセメント安定処理層上の基層とする。
ただし、アスファルト安定処理層を設ける場合は、原則として防止対策を講じない。
 - (ロ) オーバーレイの場合は最下層とする。ただしレベリング層は除く。
 - (ハ) 表層または摩耗層用に開粒度アスコンを用いるときは、その下層とする。

3-3-2.防止対策

防止対策には、(A)特別な材料を用いる方法、(B)アスファルト混合物を耐水性に富む配合にする方法、(C)水を

図-8 はく離に関する要因

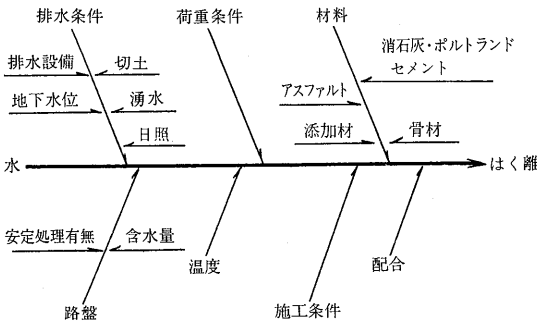


表-6 はく離を防止する要因

要 因	大 ← はく離 → 小	
アスファルト	針入度大	針入度小
骨 材	安山岩、砂石	石灰岩、玄武岩
石 粉	炭カル 無	炭カル 有
粒 度	ポルトランドセメント 無	ポルトランドセメント 有
アスファルト量	少	多
消 石 灰	無	有
ゴ ム ア ス	無	有
はく離防止剤	無	有
舗装用シート	無	有

遮断する方法のいずれか1つの対策を講ずればよい。

(1) 材料

次に示すものから経済性を考慮して選定する。

- (イ) フィラーの一部に消石灰を用いる。添加量はアスファルト混合物全重量に対する百分率で粗粒度アスコン、密粒度アスコンとも1%を標準とする。
- (ロ) フィラーの一部にセメントを用いる。添加量はアスファルト混合物全重量に対する百分率で粗粒度アスコンには1.5%、密粒度アスコンは3%を標準とする。
- (ハ) はく離防止剤を用いる。使用量はアスファルト全重量に対する百分率で1%以上とする。
- (ニ) アスファルトに舗装用タールを混入する。混入量は、バインダー全重量に対する百分率で20%を標準とする。
- (ホ) 針入度が60以下のアスファルトを用いる。

(2) 配合

アスファルト混合物は、できるだけ耐久性に富む配合とする。そのアスファルト量は、配合試験で得られたアスファルト量の上限值を標準とする。

(3) 遮水工法

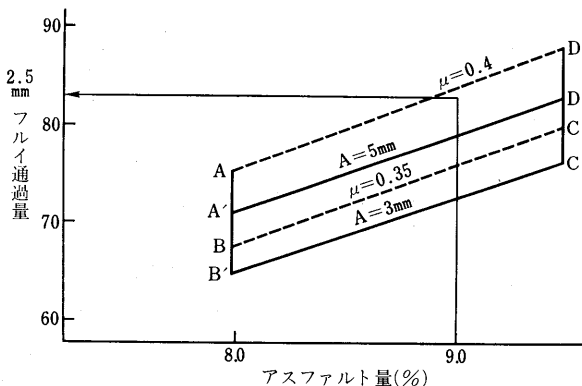
- (イ) 遮水層として働くようなアスファルトを富配合としたアスファルトモルタルなどを用いる。
- (ロ) 空げきが大きく、骨材のかみ合いによって安定する開粒度アスコンまたは混合式アスファルトマカダムを用いる。

3-3-3 運用

基準(案)の運用にあたっては、事前に経済性および施工性を十分検討しなければならない。

4 摩耗 (Abrasion) 現象

アスファルト舗装要綱(50年度版)では、冬期タイヤチェーンなどによる摩耗が問題になる地域を積雪地域といい、アスファルト混合物の種類を一般地域と区別してとりあつかっている。ここでは、冬期の耐摩耗性、夏期



図—10 耐摩耗すべりを考慮した混合物の配合線 (東北地建)

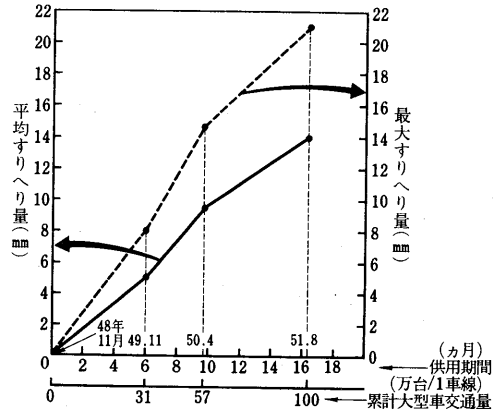
表—7 平均すりへり量および最大すりへり量

(美々試験道路)

調査時期	実際供用期間	累計大型車 交通量	平均 すりへり量	最大 すりへり量
49年11月	6.0ヵ月	31万台/1車線	5.0mm	8.0mm
50年4月	9.8	57	9.5	14.5
51年8月	16.3	100	14.0	21.0

最大すりへり量は、すりへり量が最大の2点を平均して求めた。

図—9 平均すりへり量および最大すりへり量の経年変化 (美々試験道路)



の安定性、すべり抵抗性、という相反する性状が要求されるので、混合物の配合のきめ方、材料の選び方、が重要となる。現実には、両方の性状が許容できる範囲で最適な配合がきめられている。

4-1 実態

美々試験道路でのすりへり量の観測結果によれば、摩耗の実態としては、表7および図9の傾向がある。これより、1年経過時の平均すりへり量、最大すりへり量はそれぞれ10mm、16mm程度であることがわかる。

4-2 関係する原因

東北地建では、過去の試験舗装の調査結果をもとに、

ABCD許容すべり $\mu=0.35\sim0.4$

A'B'C'D'許容摩耗 A=5~3mm

項目	標準値	備考
マッシュタル試験		
フロー値 1/100cm	40~70	
安定度 kg	450or 500以上	
空隙率 %	3~7	

表-8 混合物の種類 (北陸地建)

種類 粒径	連続粉度 (Smooth Grad Type)								不連続粒度 (Gap Grad Type)							
	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6	S-7	S-8	G-1	G-2	G-3	G-4	G-5	G-6	G-7	G-8
13 mm	100	100	100						100	100	100	100	100	100		
10	80	90	95	100	100				70	75	80	85	90	95	100	
5	50	60	70	80	90	100	100		40	45	50	60	70	80	90	100
2.5	30	40	50	60	70	80	90	100	35	40	45	50	55	60	65	70
0.3	15	20	25	30	35	40	45	50	29	32	35	38	41	44	47	50
0.074	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

図-11 2.5mm通過量とアスファルト量

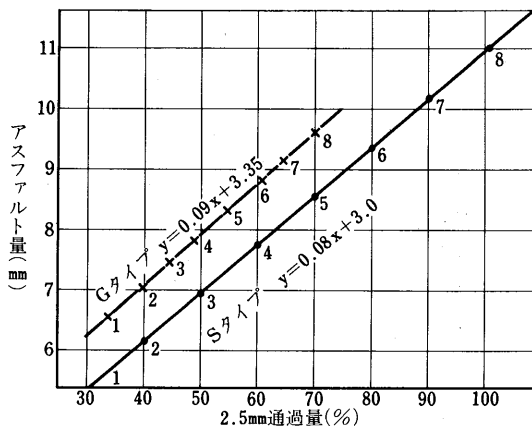


図10に示すような耐摩耗，耐すべり用の混合物の配合図を作成し，両方の性状のうちいずれが優先する性状に応じて配合を決めている。

北陸地建では積雪地域の耐摩耗，耐すべり止め，のアスファルト舗装の検討として表8に示すような，連続粒度(S)タイプとギャップ粒度(G)タイプの混合物について摩耗およびすべり性状を検討して図11，12，13の関係を示している。これより，Gタイプは2.5mm通過量とすべり抵抗値の関係は極大を有す関係があつてG4が良いとしている。また，摩耗量は2.5mm通過量と正相関があり，細骨材を多量に用いると混合物の摩耗性が劣ることを示している。耐摩耗，耐すべりの両性状をバランスさせたG4，S4を見出し出している。この他，摩耗に関係する要因としては図14のような関係がある。

4-3 対策

北海道開発局では次のような配合の混合物を採択している。

(イ)アスファルトモルタル

(F/Aを大きくとり，安定度が最大となる配合とする。

実用上 F/A=1.7)

(ロ)細粒度アスコン (13F)

F/A=1.7 アス量=8.0~9.5

骨材量(%)=100-AS量-石粉量

図-12 2.5mm通過量とすべり抵抗 (北陸地建)

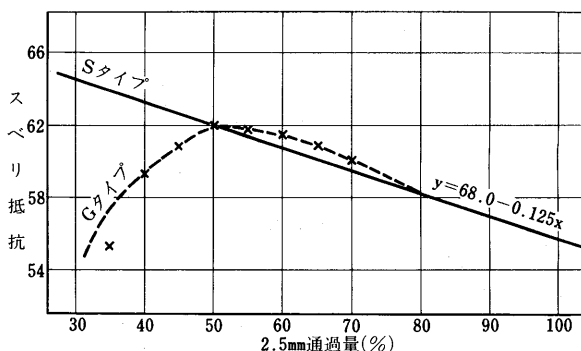
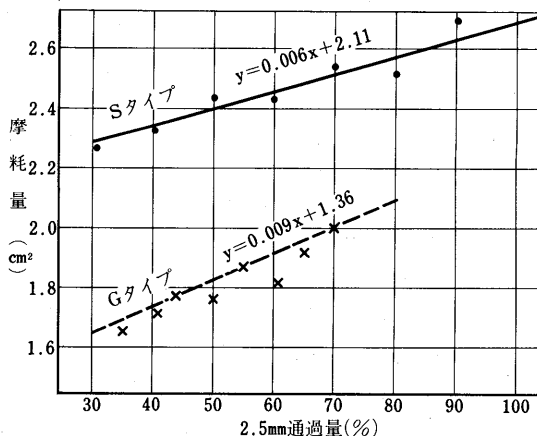


図-13 2.5mm通過量と摩耗量 (北陸地建)



(ハ)細粒度ギャップアスコン (13F)

AS量6.5~7.5%，F/A=1.7

骨材量=100-AS量-石粉量

(ニ)粗粒度アスコン

AS量4.5~6.5%，F/A=1.0

骨材量=100-AS量-石粉量

北陸地建はギャップアスコンを採択している。

ギャップ性を重視し0.6mmと2.5mm通過量には，5%以下の差になる配合とする。

アス量6.0~7.0(%)，石粉量10~13%

東北地建では細粒度ギャップアスコン(13F)，細粒度

アスコン（13F）を採択している。

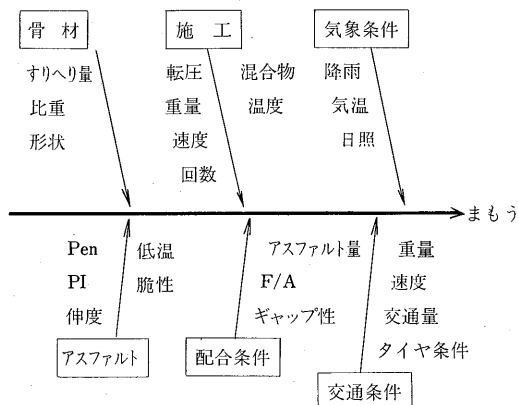
あとがき

アスファルト舗装の供用性を低下させる破壊現象の中で、ひびわれ、流動、はく離、摩耗、の諸現象をとりあげ、これらについて実態と対策の現況を紹介した。舗装用アスファルト分科会ではこれらのことを参考に塑性流動対策が全国的な問題となっている、建設省技術研究会道路部門の指定課題でアスファルト舗装の塑性流動に関する調査研究が51年度からスタートする、などの状況を考慮して初年度の研究目標を流動対策にしばって調査研究している。

参考文献

- 1) 「舗装寿命とオーバーレイに関する調査研究」第27回建設省技術研究会報告
第28回 "
第29回 "
- 2) 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
- 3) 松野三郎，谷本誠一：「アスファルト混合物の配合とその供用性」主として幕張試験舗装の観測結果，土木技術資料，Vol 13，No.3
- 4) 日成稔，谷本誠一，川原伸考：「アスファルト混合物の流動特性に関する岡部試験舗装の最終報告」土木技術資料，Vol16 No.4
- 5) 「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および室内実験による研究」土木研究所資料第923号
- 6) 「アスファルト混合物のはく離現象に関する調査研究

図-14 摩耗に関係する要因



- (I)」第25回建設省技術研究会報告
- 7) 「アスファルト混合物のはく離現象に関する調査研究 (II)」第26回建設省技術研究会報告
- 8) 南雲貞夫，谷本誠一：「アスファルト混合物のはく離の実態と対策」舗装，Vol9 No.6
- 9) 「アスファルト混合物のはく離防止対策に関する資料」昭和51年3月 九州地方建設局，九州技術事務所
- 10) 「昭和51年度技術管理業務舗装部会会議資料」昭和51年9月 北海道開発局土木試験所舗装研究室
- 11) 「寒地道路の耐摩耗すべり工法調査報告書」昭和46年3月 東北地建，仙台技術事務所
- 12) 「積雪地における耐摩耗耐すべり止めアスファルト舗装について」北陸技術事務所 昭和43年6月，No.9
- 13) 「中国地建における一日土研資料」昭和50年11月，土木研究所資料第1071号

勲五等双光旭日賞 本協会清水理事 51年秋の叙勲

本協会理事，アサヒレキセイ(株)社長 清水利英氏は，昨年11月，勲五等双光旭日賞を叙勲されました。

本協会としては，初代会長南部勇氏，現副会長森口喜三郎氏につづく榮譽ある叙勲であります。

清水氏は，昭和32年12月本協会創立時より理事に就任され，この間，常任理事，副会長を歴任，今日に至っております。またアスファルト業界にあっては30年に亘るキャリアを有し，業界長老の一人として，多年の功績を認められたものであります。

ここに，本協会の慶びを謹んでお知らせ申し上げます。

【訂正】

本誌第109号掲載の荒井孝雄氏「粘度分類によるアスファルトの規格」のうち誤りがありましたので，以下のとおり訂正致します。

ページ	誤	正
11ページ	図-7 (a) 60℃における粘度とマーシャル安定度の関係	図-7 (a) 60℃粘度とマーシャル安定度の関係
11ページ	図-7 (b) 4℃粘度における粘度とマーシャル安定度の関係	図-7 (b) 60℃粘度と4℃マーシャル安定度の関係

特集・その4

欧州のアスファルトに関する品質規格について

竹 下 洋*

1. まえがき

ここに紹介する欧州のアスファルトに関する品質規格についてはすでに本誌で紹介されているが、1975年末で再度調査した結果を報告する。

本報告の目的は、筆者が舗装用アスファルト分科会の幹事の立場で、日本の舗装用アスファルト規格（道路舗装要綱）と欧州のアスファルト品質規格の差違等についてまとめてみたいと考えたからである。

規格は本来各国の道路の供用条件，例えば供用温度域，交通量，気候等を考慮し，それに加えてアスファルトの耐久性，安定供給を加味し決定されているものと考えられる。

次に欧州各国、①ベルギー、②オランダ、③ドイツ、④イタリア、⑤デンマーク、⑥イギリス、⑦フランスの7カ国について具体的に列記する。

2. 欧州各国の規格

①ベルギー（表-1）

ベルギーの場合、供用最高温度50℃である。

規格は針入度級で分類し、各国と同じように軟化点を規定している。

特に注目するところは、針入度指数が規格項目になっていることである。

そして貯蔵25℃×8日間の残留針入度を決めていることにある。

⑥オランダ, ⑦ドイツ (表-2)

オランダの場合、供用最高温度54℃である。

規格は針入度級で分類し、各国と同じように軟化点を規定している。

そして組成分析として、アスファルテン含有量を定めている。

ドイツの場合、供用最高温度 50℃ である。

規格は針入度級で分類し、各国と同じように軟化点を規定している。

特に注目する点は、軟化点の巾が狭く規定され、組成分析ではパラフィン含有量を規定している。

①イタリア、②デンマーク、③イギリス (表-3)

表 1

国 名		ベ ル ギ ー					
制 定 年		1 9 5 5					
種 類 (針入度 100g/5sec 25℃)	280/350	180/220	80/100	60/70	50/60	40/50	
針 入 度							
針 入 度							
軟 化 点 (環球法) ℃	32.5~37.5	37~43	44~53	47.5~56.5	49~58.5	50.5~61	
針 入 度 指 数	-1/+0.7	-1/+0.7	-1/+0.7	-1/+0.7	-1/+0.7	-1/+0.7	
フ ラ ー ス 破 壊 点 ℃	-20以下	-18以下	-12以下	-10以下	- 9 以下	- 8 以下	
伸 度 (25℃) cm	100 以上	100 以上	100 以上	100 以上	100 以上	100 以上	
(15℃) cm							
(10℃) cm							
二硫化炭素可部分 %							
四塩化炭素可部分 %	99.5以上	99.5以上	99.5以上	99.5以上	99.5以上	99.5以上	
トリグレン可部分 %							
アスファルテン含量 %							
パラフィン含量 %							
灰 分 %							
水 分 %							
比 重	1.000~1.030	1.000~1.040	(25/25℃) 1.010~1.050	1.020~1.060	1.020~1.060	1.020~1.060	
引 火 点 ℃ (C.O.C)							
115℃ 加 熱 試 験							
蒸 発 量 : 重量減 % (163℃×5h)	1.0 以下	0.5 以下	0.5 以下	0.2 以下	0.2 以下	0.2 以下	
針 入 度 (残留%)	70以上	75以上	80以上	80以上	80以上	80以上	
軟化点上昇 ℃							
伸 度 (25℃)							
フ ラ ー ス 破 壊 点							
伸 度 (15℃)							
貯蔵: 25℃×8日 残 留 針 入 度	85以上	85以上	85以上	85以上	85以上	85以上	
薄 膜 加 熱 : 重量減 % (163℃×5h)							
針 入 度 (残留%)							
伸 度 (25℃)							
スポットテスト: ヘプタン キシレン	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	
粘 度 @ 70℃							
(cst) @ 135℃							
(cst) @135℃							

*シェル石油(株)技術研究部アスファルト課

舗装用アスファルト分科会幹事

イタリアの場合 供用最高温度
60℃である。

規格は針入度級で分類し、軟化点を規定している。

組成分析ではパラフィン含有量を規定している。

特に注目する点は接着力 kg/cm²を決めている。

デンマークの場合 規格は各国と同じように針入度級で分類し、軟化点を規定している。

組成分析ではパラフィン含有量を規定している。

どちらかと云えばドイツの規格に良く似ている。

イギリスの場合 供用最高温度
45℃である。

規格は針入度級で分類し、各国と同様に軟化点で規定している。

特に注目する点は、組成分析において灰分を規定している。

⑧フランス (表-4)

フランスの場合、供用最高温度
55℃である。

規格は針入度級で分類し、各国と同様に軟化点で規定している。そして組成分析では、パラフィン含有量を規定している。

3. 針入度級分類と軟化点の関係

以上述べた欧州7カ国の規格中で全く共通した項目は針入度級分類と軟化点である。

そこで、針入度と軟化点のみをクローズアップしてみると以下に掲載する各図のとおりとなる。

①ベルギー

図-1のとおりである。70/80のものが規格にない。比較的軟化点の中が大きい。

②オランダ

図-2のとおりである。1957年までは80/100, 60/70グレードの軟化点の最高値がなかった。しかし1962年の規格では最高値を規定している。

③ドイツ (DIN)

図-3のとおりである。

特に注目されるのは針入度級に対し軟化点の中が狭くきびしい規格になっている。

表-2

国 名	オ ラ ン ダ					ド イ ツ (DIN)						
制 定 年	1962					1960 (1966)						
種 類 (針入度 100g 5 sec 25℃)	280/320	180/210	80/100	60/70	50/60	250/320	160/210	70/100	50/70	35/50	20/30	10/20
針 入 度												
針 入 度												
軟 化 点 (環球法) °C	32~38	38~43	48~52	49~56	51~58	27~37	37~44	44~49	49~54	54~59	59~67	67~72
針 入 度 指 数												
フ ラ ー ス 破 壊 点 °C						-17以下	-13以下	-10以下	-8以下	-5以下	0以下	+5以下
伸 度 (25℃) cm						—	100以上	100以上	100以上	40以上	15以上	5以上
(15℃) cm						100以上						
二硫化炭素可溶分 %						99.5以上	99.5以上	99.5以上	99.5以上	99.5以上	99.5以上	99.5以上
四硫化炭素可溶分 %	99.5以上	99.5以上	99.5以上	99.5以上	99.5以上							
トリクレン可溶分 %												
アスファルテン含量 %	—	(エーテルアスファルテン) —	12以上	16以上	16以上							
パラフィン含量 %						2.0以下	2.0以下	2.0以下	2.0以下	2.0以下	2.0以下	2.0以下
灰 分 %						0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下
溶解度 (芳香族なしの) パラフィン、ナフサ) %						0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下
水 分 %												
比 重						0.99以上	1.0以上	1.0以上	1.0以上	1.0以上	1.0以上	1.0以上
引 火 点 °C (C.C.C)	200以上	200以上	225以上	225以上	225以上							
115℃ 加 熱 試 験												
蒸 発 量:重量減 %	1.0以下	0.5以下	0.5以下	0.2以下	0.2以下	2.5以下	2.0以下	(DIN-U-12) 1.5以下	1.5以下	1.0以下	1.0以下	1.0以下
(163℃×5h) 針入度(残留%)	1.0	0.5	0.5	0.2	0.2	60以上	50以上	60以上	60以上	60以上	50以上	40以上
軟化点上昇°C						10以下	10以下	10以下	10以下	10以下	8以下	6以下
伸 度 (25℃)						—	50以上	50以上	50以上	15以上	5以上	2以上
フ ラ ー ス 破 壊 点						-15以下	-10以下	-8以下	-6以下	-5以下	0以下	+5以下
伸 度 (15℃)						50以上	—	—	—	—	—	—
薄膜加熱:重量減 %												
(163℃×5h) 針入度(残留%)												
伸 度 (25℃)												
スポットテスト:ヘプタン- キシレン												
標準ナフサ												

欧州の中で軟化点が一番狭い範囲に規定されている。

④イタリア

図-4のとおりである。

特に注目する点は日本と同じ供用最高温度60℃を有し、日本の舗装要綱に規定されている、軟化点より高い温度で規定されていることである。

⑤デンマーク

図-5のとおりである。

ドイツ (DIN) の規格に良く似た規格となっている。

⑥イギリス

図-6のとおりである。

各グレードが針入度において連続的で、一部ダブルとところがある。

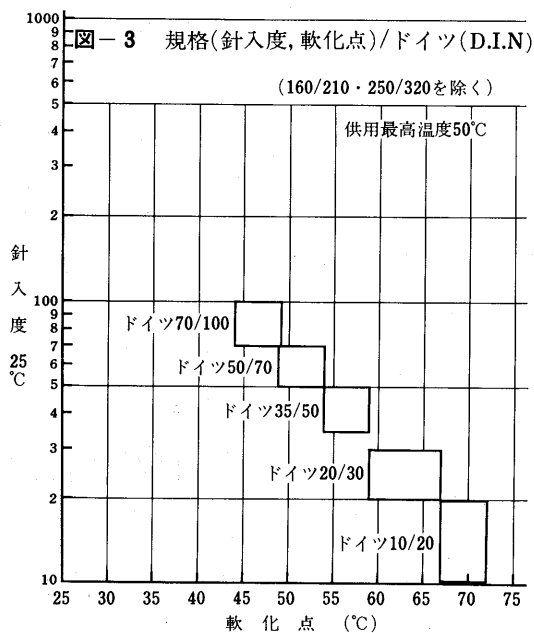
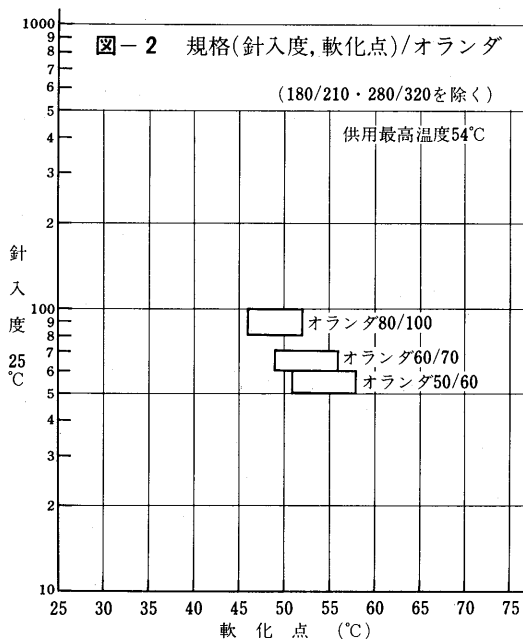
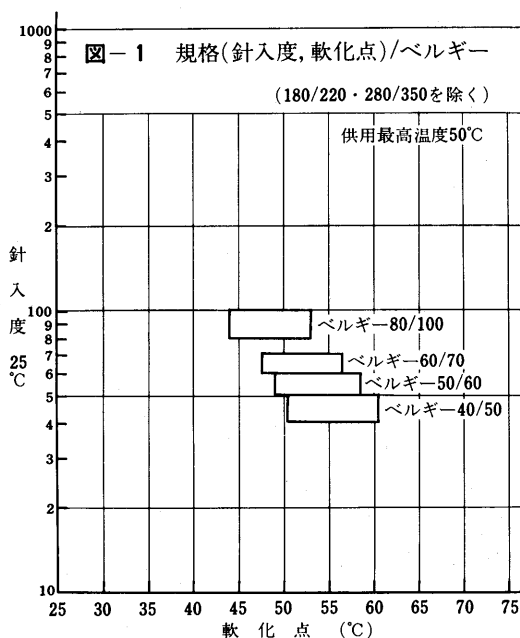
軟化点の中も比較的広いものとなっている。

表-3

国名	名	イタリヤ										デンマーク										イギリス (B.S.)										日本 (日本道路協会)			
		1951 (1959)										1957										1970										1967			
試験項目	種類	180/200	130/150	80/100	60/80	50/60	40/50	30/40	20/30	(0℃) 90/150	150/220	70/110	50/70	40/50	30/40	20/30	10/20	10/20	20/30	28/42	60/40	60/80	80/100	230/70	255/95	515/385	60/80	100/100	100/120	120/150					
	針入度																																		
	針入度																																		
	軟化点 (環法) °C	37~42	40~45	44~49	45~54	48~56	50~56	54~64	58~68	18~22	27~37	37~45	45~52	50~57	54~60	57~65	60~70	68~78	60~75	55~67	51~62	47~56	43~52	40~49	33~42	29~38	25~34	43~53	41~51	40~50	38~45				
	針入度指数																																		
	フラスコ破壊点 °C	-140以下	-120以下	-100以下	-80以下	-70以下	-60以下	-40以下	-20以下	-20以下	-27以下	-150以下	-100以下	-50以下	-60以下	-40以下	-20以下	+30以下																	
	伸度 (25℃) cm	100以上	100以上	100以上	80以上	80以上	70以上	50以上	25以上	—	—	100以上	100以上	100以上	50以上	35以上	4以上																		
	(15℃) cm									100以上	—	—	—	—	—	—	—	—																	
	(10℃) cm									100以上	—	—	—	—	—	—	—	—																	
	二酸化炭素可溶分 %	98以上	98以上	98以上	98以上	98以上	98以上	98以上	98以上	98以上	98.5以上	98.5以上	98.5以上	98.5以上	98.5以上	98.5以上	98.5以上	98.5以上	98.5以上	98.5以上	98.5以上	98.5以上	98.5以上	98.5以上	98.5以上	98.5以上	98.5以上	98.5以上	98.5以上	98.5以上	98.5以上	98.5以上	98.5以上		
四酸化炭素可溶分 %																																			
パラフィン含量 %	2.5以下	2.5以下	2.5以下	2.5以下	2.5以下	2.5以下	2.5以下	2.5以下	2.0以下	2.0以下	2.0以下	2.0以下	2.0以下	2.0以下	2.0以下	2.0以下	2.0以下	2.0以下	2.0以下	2.0以下	2.0以下	2.0以下	2.0以下	2.0以下	2.0以下	2.0以下	2.0以下	2.0以下	2.0以下	2.0以下	2.0以下	2.0以下	2.0以下		
灰分 %																																			
比重																																			
引水点 (C.O.C)																																			
115℃ 加熱試験	—	—	—	(200℃加熱減) 0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下		
蒸発量 : 重量減 % (163℃×5h)	1以下	1以下	0.5以下																																
針入度 (環法) %	60以上	60以上	60以上	60以上	60以上	60以上	60以上	60以上	60以上	60以上	60以上	60以上	60以上	60以上	60以上	60以上	60以上	60以上	60以上	60以上	60以上	60以上	60以上	60以上	60以上	60以上	60以上	60以上	60以上	60以上	60以上	60以上	60以上		
軟化点上昇 %																																			
伸度 (25℃)																																			
フラスコ破壊点																																			
伸度 (15℃)																																			
蒸発量 : 重量減 % (163℃×5h)																																			
針入度 (環法) %																																			
備考	接着力 (kg/cm ²) : 以上 on dry S. Fedeline granite 3.00 3.50 5.00 5.50 6.00 6.50 7.00 7.50 on wet S. Fedeline granite 1.25 1.50 1.75 2.00 2.25 2.50 3.00 3.50 on dry Carana marble 2.60 3.00 4.50 5.00 5.50 6.00 6.50 7.00																																		
	A1500 A300 A200 A100 A60 A45 A35 A25 A15 ☆トリクレレンでもよい。																																		

表-4

国名	フ ラ ン ス					
制 定 年	1 9 5 6					
種 類 (針入度 100g 5 sec 25℃)	180/220	100/120	80/100	60/70	40/30	20/30
針 入 度						
針 入 度						
軟化点 (環球法) ℃	34~43	39~48	41~51	43~56	47~60	52~65
針入度指数						
フラス破壊点 ℃						
伸 度 (25℃) cm (15℃)	100以上	100以上	100以上	80以上	80以上	25以上
二硫化炭素可溶物 %	99.5以上	99.5以上	99.5以上	99.5以上	99.5以上	99.5以上
四塩化炭素可溶物 %						
トリクレン可溶物 %						
アスファルテン含量 %						
パラフィン含量 %	4.5以下	4.5以下	4.5以下	4.5以下	4.5以下	4.5以下
灰 分 %						
水 分 %						
比 重	1.00~1.07	1.00~1.07	1.00~1.10 (25℃)	1.00~1.10	1.00~1.1	1.00~1.1
引火点 ℃ (C.C.C)	230以上	230以上	230以上	230以上	250以上	250以上
115℃ 加熱試験						
蒸発量:重量減% (163℃ 5h)	2以下	2以下	2以下	1以下	1以下	1以下
針入度(残留%)	70以上	70以上	70以上	70以上	70以上	70以上
軟化点上昇 ℃						
伸 度 (25℃)						
スポットテスト:ヘプタシン キシレン						



⑧ フランス

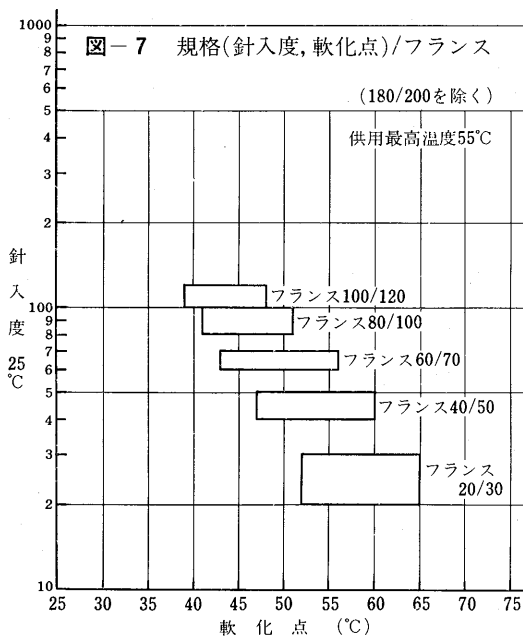
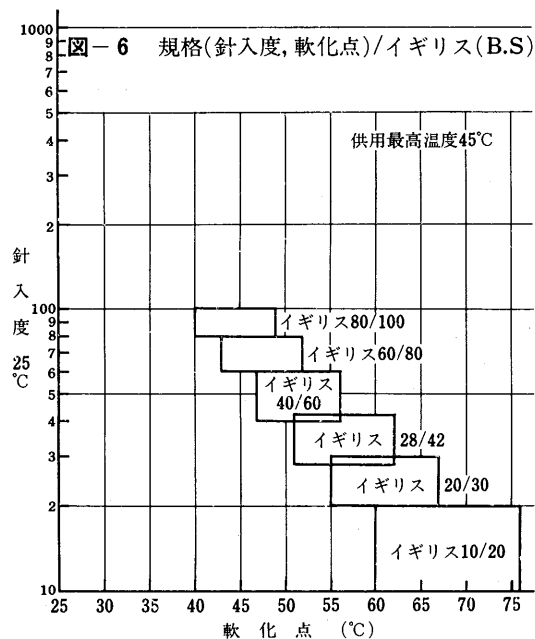
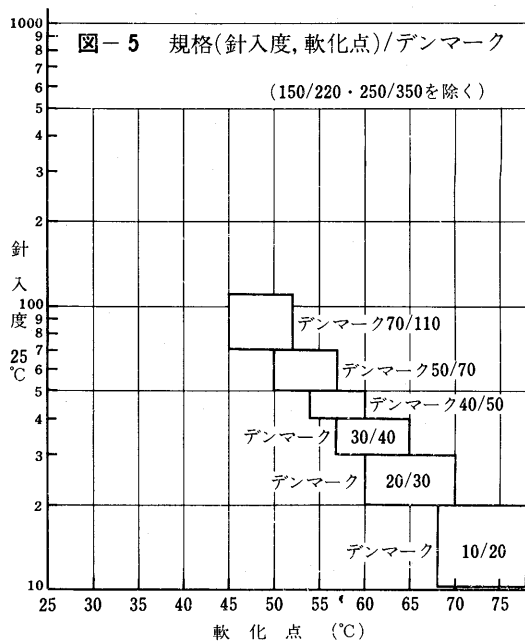
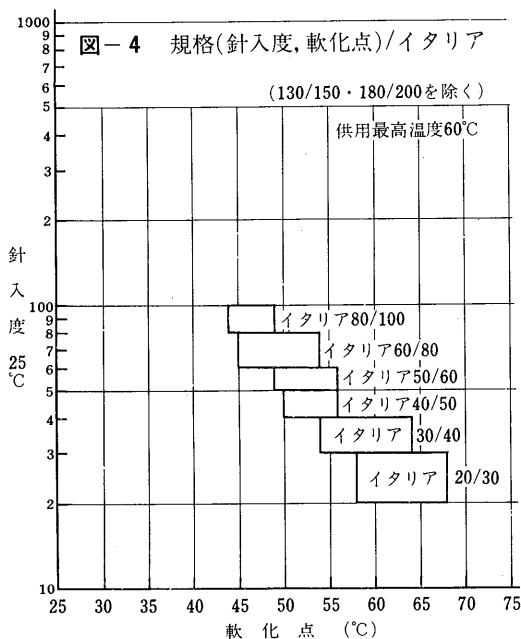
図-7の通りである。

特に針入度30/40, 50/60, 70/80, の部分のアスファルトの規格がない。また軟化点の中が大変に広く規定されている。

⑨ 日本 (舗装要綱規格)

図-8に示す通りである。

供用最高温度60℃はイタリアと同じであるが、イタリア



アに比較すると軟化点が低いところで規定されている。

4. 考 察

①ヨーロッパ各国の供用最高温度を日本と比較してみればイタリアと同程度で60℃を示している。そして軸荷重等においても日本が大きいと推定される。

従って日本の規格は供用温度、軸荷重等で最もきびしいものであるべきと考えられるが、欧州の規格と比較し

て大差なく、むしろ軟化点が低いものも規格に合格するようになっている。

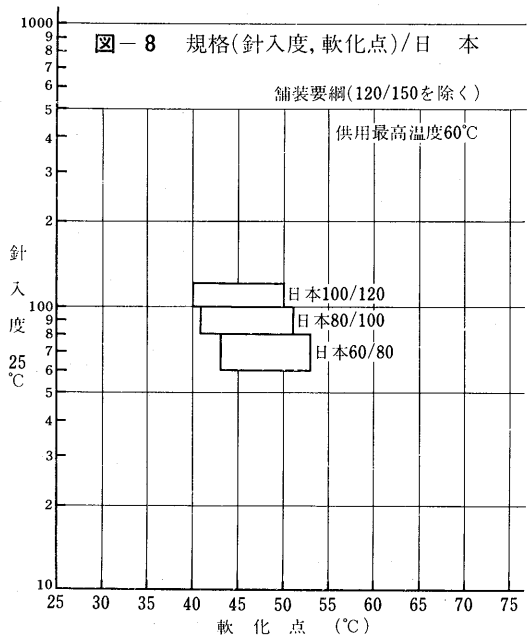
②日本の舗装要綱では、アスファルトの組成分析(例えば、パラフィン、灰分、アスファルテン分、etc)の項目がない。しかしヨーロッパ各国では必ずその項目が定められている。アスファルトの組成と実用性能との相関性はつかめておらないので規定の良悪の判断は筆者は出来ない。

③現在、舗装用アスファルト分科会で勉強中の60℃粘度については、ヨーロッパでは全く規定していない。

しかし、各国の供用最高温度はイタリアを除けば55℃以下であり、道路用として使用される針入度級40～100程度のアスファルトを考えた場合、規定されている軟化点は供用最高温度は非常に近いものである。

そのために60℃粘度を考えるよりも供用最高温度でのアスファルトのコンシステンシーを考慮し軟化点で規定されているものと考えられる。

日本やイタリアなどは（供用最高温度60℃）規定された軟化点よりかなり高いところで供用される場合があるので、60℃のコンシステンシーを考慮する方が、高温流動に対し合理的な規格になると考えられる。



日本アスファルト協会論文賞・原稿募集

本協会は、アスファルトの製造・品質・利用等の技術の進歩改善に寄与することを目的として、日本アスファルト協会論文賞を制定し、別記のとおり原稿を募集しております。奮ってご応募下さいようお願い申し上げます。

なお応募原稿の他に、「アスファルト」誌に掲載された論文をも本論文賞の選考対象とすることに致します。

募 集 要 領

1. 昭和51年度・研究論文主題

『アスファルトならびにアスファルトの利用技術に関する研究』（註）既発表、未発表を問わない。

2. 原稿枚数

本文 400字詰 30枚以内（表・図などの添付資料は枚数外）

3. 応募締切日

昭和52年3月末日

4. 送り先

（社）日本アスファルト協会論文賞係

5. 賞

入選第1席 1篇 賞状、賞牌、副賞6万円

入選第2席 1篇 賞状、副賞3万円

佳作 若干 賞状、副賞1件 2万円

6. 発表

本協会「アスファルト」誌 第112号（6月）

7. 論文賞選考委員

委員長	谷 藤 正 三	本協会名誉会長
委員	多 田 宏 行	国土庁計画調整局調整課長
	南 雲 貞 夫	建設省土木研究所舗装研究室長
	中 山 才 祐	本協会企画委員長
	真 柴 和 昌	本協会技術委員長

社団法人 日本アスファルト協会

〒105 東京都港区芝西久保明舟町12番地 和孝第10ビル

電話 東京 03(502) 3956

- 第1報 アスファルトの25℃針入度、軟化点、60℃粘度と密粒度混合物の60℃水浸WT試験変形率の関係
- 第2報 アスファルト粘度と密粒度混合物の水浸WT試験変形率の関係
- 第3報 わだち掘れ対策上必要とされるアスファルト粘度の推定に関する一つの考え方
- 第4報 アスファルト性状と密粒度混合物の曲げ脆化温度との関係

はしがき

近年重車輻交通の増大にともない、わが国の主要道路では主にわだち掘れから短期間で補修に到るケースが増えている。この原因としては、近年の交通量増大（特に重車輻）、車線主義、高輪荷重（過載という実態を含めて）といった面が多と考えられ、その対策としては混合物の約94%をしめる骨材関係（配合も含めて）による効果のほうが大きいかとは思いますが、アスファルトメーカーに席を置く者として、この現状にいかにしてアスファルト面から対応すべきかという点に重大な関心を持つものである。

ところが、いざアスファルトの性状を高めようと思っても、どの性状を改善することがキーポイントになるのか、そしてその値はいくらにすれば良いのか、しかもその値にしたとして混合物性状のバランスを保ちながら目的の性状を良くすることができるのか、といった点になると残念ながらはっきりしない点が多すぎる。

すなわち、アスファルト性状と舗装供用性の関係が明確でないためである。これは、アスファルトが道路として施工されるまででさえ多くの異った履歴を経るのに加えて、供用性となればそれぞれの道路の環境条件が千差万別であることに基因するものと考えられる。

それでは、理想的な条件で作った混合物の性状とアスファルト性状の関係についてはどうかというと、単発的な文献は有っても、各研究者によって実験方法や評価手法が異なることから、それらを定量的に比較議論することには困難な面が多い。

一方今後、わだち掘れ対策を重視するようになると、

当然硬目のアスファルトが製造されるようになるが、そうすると従来のようにストレートアスファルトだけでなく、ブローン系アスファルトも増えてくることが予想される。そうすると、大部分がストレートアスファルトであった場合のアスファルト性状と混合物性状の相関性に関する経験というもので考えていると、誤った判断を下すようになる恐れも考えられる。

そこで本研究では、こういった将来予測もふまえて、各種製造法によるアスファルトをバインダーとした密粒度混合物の、水浸ホイールトラッキング試験（以下、水浸WT試験と略す）および低温曲げ試験を実施し、各混合物性状に対してアスファルト性状の中のどの性状が最も相関性が良いかという点について定量的な相対比較を行って、キーポイントとなるアスファルト性状は何かという点を明確にすることを試みた。

そしてまた、そのキーポイントとなるバインダー性状の値は、舗装供用性（わだち掘れおよびひび割れ）を考えた場合にどの程度の値が必要かという点についても具体的な考察を行ってみた。

本報告は次の4テーマについて研究した報文からなるもので、以下テーマ別に結果を報告する。

- I. アスファルトの25℃針入度、軟化点、60℃粘度と密粒度混合物の60℃水浸WT試験変形率の関係
- II. アスファルト粘度と密粒度混合物の水浸WT試験変形率の関係
- III. わだち掘れ対策上必要とされるアスファルト粘度の推定に関する一つの考え方
- IV. アスファルト性状と密粒度混合物の曲げ脆化温度との関係

第1報 アスファルトの25℃針入度,軟化点,60℃粘度と密粒度混合物の60℃水浸WT試験変形率の関係

1. まえがき

本研究は、アスファルト性状と混合物の60℃における変形との関係を検討する目的で行ったものである。

現在問題となっているわだち掘れは、発生個所によって差は有るものの、大部分は表層のみで起きており基層部分はあまり変形していないといわれている。

この事は、現在のわだち掘れ問題について考えるには、下部構造の事まで考えなくても表層のアスファルト混合物自身の変形を考えればよいことになる（わだち掘れに対して下部構造は影響しないという意味ではなく、現在下部構造がなんとかわだち掘れに対して支持力を持っている部分については、表層混合物のみを考えればよいと考えた。ただし、この事は特に下部構造の支持力によって大きな影響を受ける表層のひび割れに対してまで十分な支持力を持っているかどうかは別の問題である）。

そこで、本研究ではアスファルト混合物として、わが国で表層用に最も多く使用されている密粒度混合物を選んだ。また、評価方法としては水浸WT試験を選んだ。これは、当社の場合WT試験より試験温度の制御が最も厳格に管理できること、極端に水の影響を受けやすいバインダーの場合はその影響を察知できること、現場わだち掘れとの定量的な相関性に関しては不明であるが、感覚的にみて現在の室内試験の中で最も現場と相関性の得られそうなことなどから水浸WT試験を選んだ。

試験温度に関しては、わだち掘れの発生は路面温度が最も高い時点に重点的に進行することが予想されるので、わが国の路面最高温度が大体60℃という通説をもとに選定した。

アスファルト混合物の60℃における変形に対してはアスファルトのコンシステンシーが関係するが、ここでは25℃針入度、軟化点、60℃粘度を因子として取った。60℃粘度は、水浸WT試験を実施する温度におけるアスファルトの粘性を測定してみようという目的で測定した。そして、これら三つのバインダー性状のうちどれが最も水浸WT試験の変形と相関があるかについて比較検討を行った。

比較検討結果については、感覚的結論になることを避けるため、なるべく定量的に結論を出すように心掛け次の手法をとった。すなわち、個々のバインダー性状と水浸WT試験変形率の関係についてのデータを、最小2乗法による近似式を求めるとともに、その近似式とデータとのバラツキの程度を表わす標準偏差値についても計算した。そして、変形率とバインダー性状との相関性の比較は、計算機で求めた標準偏差値の大小で比較の議論を

表 I-1 密粒度混合物の骨材合成粒度、配合比率およびアスファルト量

(1) 合成粒度

混合物の種類		密粒度アスコン
最大粒径(mm)		13
通過重量百分率(%)	20 mm	100
	13	99.1
	5	64.7
	2.5	42.6
	0.6	26.4
	0.3	16.5
	0.15	10.2
	0.074	7.5

(2) 配合比率 (wt%)

6号碎石	7号碎石	粗砂	細砂	石粉
35.5	21.0	23.0	11.5	9.0

(3) アスファルト量 6.0wt%

行った。

混合物試験の精度はバインダー性状試験と比べるとバラツキが大きくなる宿命を持っているが、このように同一の混合物試験結果について、バインダー性状のとり方を変えて比較の議論をすれば、混合物試験で発生するある程度のバラツキの影響をキャンセルできると考えた。

また、アスファルトの選び方も重要で、似たような性状のアスファルトに関する結果が多い場合は、相関性に関する標準偏差値も偏るので、25℃針入度、軟化点、60℃粘度、原油の種類、製造法(ストレート、ブローン系、PDAブレンド系)の幅をなるべく広くとるよう心掛けた。

2. 試験方法

2.1 アスファルトの60℃粘度測定方法

アスファルトの60℃粘度はすべてASTM D 2171-66の方法による減圧毛管式で測定し、粘度管はAsphalt Instituteタイプを使用して行った。本測定法の詳細は本誌本号に掲載されるので省略する。

2.2 使用アスファルトの性状

表 I-2 に示す(後述)。

2.3 混合物の配合

使用した密粒度混合物の骨材合成粒度と配合比率を表 I-1 に示す。

表 I - 2 使用アスファルトの性状と60℃水浸W.T.試験結果

No.	針入度 25℃	軟化点 ℃	60℃粘度 (Poise)	60℃水浸W.T.試験 変形率* (mm/min)	アスファルトの製造法	
					原油系	製造法
1	174	42.5	830	0.55	中東(混合基原油)	セミプローン系
2	100	44.0	1,110	0.28	アラビア(")	PDA系
3	95	45.0	1,480	0.17	" (")	ストレート
4	94	46.5	1,720	0.21	ベネゼラ(ナフテン系)	"
5	91	47.5	1,350	0.19	アラビア(混合基) + 国産(ナフテン系)	セミプローン
6	88	47.0	1,740	0.21	中東(混合基)	ストレート
7	83	50.5	1,990	0.22	アラビア(")	セミプローン
8	79	55.0	7,370	0.03	" (")	"
9	71	47.0	2,100	0.19	" (")	ストレート
10	56	53.0	4,100	0.10	中東(")	セミプローン
11	42	54.0	3,840	0.0	アラビア(")	PDA系

*密粒度混合物, アスファルト量6.0wt%

アスファルト量は, 舗装要綱昭和42年改訂版にもとづくマーシャル試験による最適アスファルト量を80/100ストレートアスファルトについて求め, その値である6.0wt%をすべてのアスファルトについて適用した。

2.4 混合物供試体作成方法

骨材, アスファルト, 混合容器 (30kg容器) はあらかじめ最適混合温度 (使用アスファルト粘度が 85 ± 10 SFSとなる温度) に維持しておき, 1バッチずつ約3min間電動ミキサーで十分混合する。混合物は 30×30 cmの型枠に入れヘラで平らにならし, 混合物の温度が最適転圧温度 (使用アスファルトの粘度が 140 ± 15 SFSとなる温度) に達した時点で北大式ローラーコンパクターで転圧する。

でき上がり供試体の厚さは5cm, 空隙率は3.0~3.5%である。

2.5 混合物の水浸WT試験方法

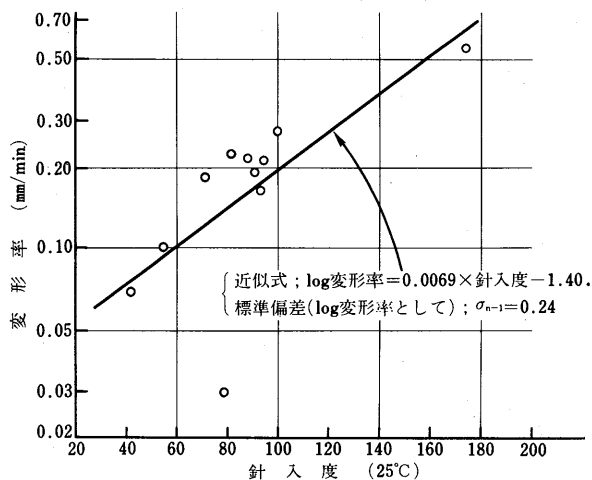
供試体はあらかじめ試験温度にセットした恒温水槽中で平らな状態に置いて約1.0hr養生し, 次いで温度の一定となった水浸WT試験機に車輪をのせずにセットし30min養生してから車輪走行試験を開始した。

試験機は谷藤機械工業(株)製で, 主な試験条件は次のとおりである。

- (1) タイヤ接地圧 5.37kg/cm²
- (2) 往復動 21往復/min (42Pass/min)
- (3) タイヤ幅=5cm, 硬度=80, 英国ダンロップ社製
- (4) トラバース 一切かけず

- (5) 水位 供試体上5mm
- (6) 変形の記録 連続自動記録
- (7) 温度制御性 $\pm 1^\circ\text{C}$ 以内
- (8) 繰り返し 2回
- (9) 変形率算出法 試験時間が45minとれたものは30~45min間の平均値をとり, 変形速度が早すぎて45minの試験時間とれなかったものについては圧密区間を超えた後の変形速度の一定している部分の平均値から算出し, 繰り返し2回の平均値をとった。

図 I - 1 アスファルトの25℃針入度と密粒度混合物の60℃水浸WT試験変形率の関係



3. 試験結果および考察

3.1 混合物試験結果

使用アスファルトの性状と60℃水浸WT試験結果を表I-2に示す。

3.2 アスファルトの25℃針入度と密粒度混合物の60℃水浸WT試験変形率の関係

両者の関係を図I-1に示す。図中の直線は最小2乗法による1次近似式の直線で、その近似式にもとづく標準偏差値も併せて示した。

図I-1で針入度80付近を見ると、同一針入度でも変形率が大幅に異なるものがある事がよくわかる。これは決して混合物試験における誤差によるものでなく、ストレートアスファルト、軽度のセミブローンアスファルト以外に深いブローンをしたアスファルトを対象として加えると、アスファルト混合物の変形に対してアスファルトの針入度をもって予測すると、大きく外れる場合のあることを示している。

なお、近似式とデータ間の標準偏差値に関しては、横軸を単なる25℃の針入度でなく $\log(25^\circ\text{C針入度})$ としても標準偏差値は良くならなかった（詳細データは35の表I-3を参照）。

3.3 アスファルトの軟化点と密粒度混合物の60℃水浸WT試験変形率の関係

両者の関係を図I-2に示す。図中の直線は前と同様1次近似式である。

図I-2からわかるように、25℃針入度の場合と比べ1次近似式から大きく外れる点がなくなってバラツキは少なくなり、 $\log$ 変形率としての標準偏差値も針入度の場合0.24であったものが0.15と非常に低下し相関性の良いことを示している。

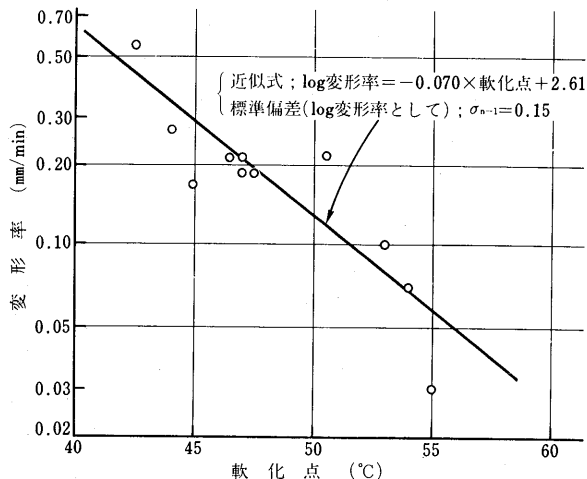
3.4 アスファルトの60℃粘度と密粒度混合物の60℃水浸WT試験変形率の関係

両者の関係を図I-3に示す。図中の直線は1次近似式である。

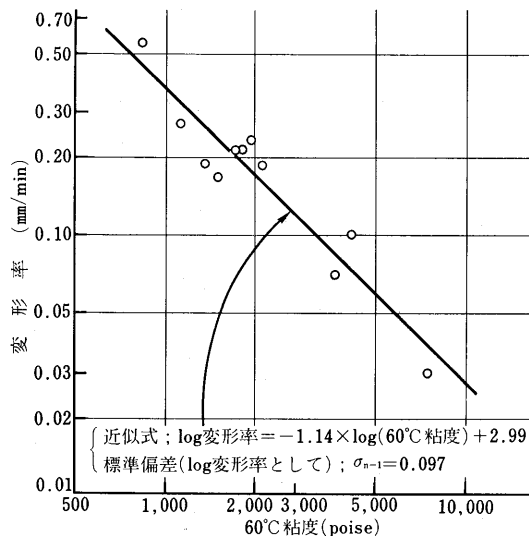
図I-3からわかるように、標準偏差値は軟化点の場合よりさらに低下し相関性の良いことを示している。このことはすなわち、水浸WT試験の実施温度（60℃）におけるアスファルトの粘性との相関性が極めて良いことを示している。

また、表I-2と図I-3からわかるように、PDA系アスファルトといえども、アスファルトの60℃粘度と60℃水浸WT試験変形率の相関性はストレート系、セミブローン系と比べ、なんら変ることのないことがわかる。

図I-2 アスファルトの軟化点と密粒度混合物の60℃水浸WT試験変形率の関係



図I-3 アスファルトの60℃粘度と密粒度混合物の60℃水浸WT試験変形率の関係



3.5 25℃針入度、軟化点、60℃粘度と密粒度混合物の60℃水浸WT試験変形率との相関性の比較

(1) 表I-2の試験結果をもとに、アスファルトの25℃針入度、軟化点、60℃粘度と密粒度混合物の60℃水浸WT試験変形率の関係を最小2乗法で1次および2次式として求めた近似式の係数と、それぞれの場合の近似式と実験データ間の標準偏差値を表I-3に示した。

(2) 表I-3からわかるように、1次式近似でも2次式近似でも標準偏差値にあまり差はなく、した

がって各アスファルト性状と変形率の相関性の優劣すなわち標準偏差値の大小による順序が近似式の次数で変えることはなかった。なお、3 次式以上の高次の近似式による相関性の比較は、「相関」そのものの意味合いが複雑となるので、2 次式までの分について示した。

(3) 結論として表 I-3 の標準偏差値の比較から、明らかに密粒度混合物の 60℃ 水浸 WT 試験変形率に対しては、アスファルトの 60℃ 粘度との相関性が最も良く、次いで軟化点との相関性が良く、現在アスファルトのグレード分け項目となっている 25℃ 針入度は、今回使用したアスファルトのように製造法の種類を広範囲に変動させたような場合は、混合物の変形に対してあまり良い相関性が得られないことがわかった。

(4) 従来の経験からすれば、25℃ 針入度はアスファルトの硬さを表わす性状であったものが、何故この研究結果では悪く出たかという点に関しては、今回試験したアスファルトの中には現在市販されていないタイプのセミブローン系アスファルトを含むことが原因と考える。すなわち、現在市販されているアスファルトは大部分はストレートアスファルトであり、そういったアスファルトを対象にしている限りは 25℃ 針入度と混合物の変形率の間にはかなりの相関性がある。しかし、今回のように特殊なセミブローンタイプも加えると、明らかに従来の常識が通用しなくなって来ることを示している。現在、段々硬いアスファルトが要望されるようになって来ており、今後の推移いかんによれば特殊なセミブローンタイプのアスファルトも市販されることが考えられ、25℃ 針入度一辺倒では混合物の変形状を十分把握できなくなる危険性がある。

これに対して、アスファルトの 60℃ 粘度をバインダー性状としてとれば、広範囲なアスファルトについてより正確にその密粒度混合物の 60℃ 水浸 WT 試験変形率を予測することが可能となることを示している。

(5) また、ここでは使用アスファルトの 60℃ 粘度との相関性が良いことを示したが、本来は混合物としてでき上がった状態におけるアスファルトの 60

表 I-3 試験結果にもとづくアスファルト性状と密粒度混合物の 60℃ 水浸 WT 試験変形率との相関式および標準偏差値

近似	変 数 (×* ¹)	(A* ¹)	(B* ¹)	(C* ¹)	Δn-1: 標準偏差値 (log 変形率* ³ として)
一 次 式 近 似	25℃ 針 入 度	-1.40	0.0069	0	0.24
	軟 化 点 (℃)	2.61	-0.070	0	0.15
	log (60℃ 粘度* ²)	2.99	-1.14	0	0.097
	log (25℃ 針入度)	-3.60	1.46	0	0.24
二 次 式 近 似	25℃ 針 入 度	-1.58	0.011	-0.17×10 ⁻⁴	0.23
	軟 化 点 (℃)	-4.50	0.22	-0.30×10 ⁻²	0.14
	log (60℃ 粘度* ²)	-0.37	0.85	-0.29	0.094
	log (25℃ 針入度)	0.91	-3.25	1.22	0.24

¹ 近似式は $Y = \log \text{変形率}^ = A + B X + C X^2$

*² 60℃ 粘度の単位は Poise *³ 変形率の単位は mm/min

℃ 粘度のほうがさらに精度の良い相関性が得られるものと予想している。ただ、この研究における混合物作成法においては、現場と違って骨材およびアスファルトは最適混合温度そのものの温度雰囲気下に理想的に保つことができ、また 2~3 min 混合後短時間で転圧して供試体を作成してそのまま冷却するため、供試体作成中におけるアスファルトの熱劣化がほとんどないことから、本研究では原アスファルトの性状をもって変形率との相関性をみた。

しかし、現場の舗装体に関しては施工後のアスファルトの熱履歴による粘度変化(粘度上昇)は必ず存在するわけで、舗装体の切りとり供試体による 60℃ 水浸 WT 試験変形率に対しては、抽出アスファルトの 60℃ 粘度との相関が最も良くなるものと考ええる。

(6) なお、本報告に示す近似式はあくまでも表 I-1 に示したアスファルトについて、ここで使用した骨材で、ここに示した試験法について成立つものであることは言うまでもない。

4. 結論

広範囲な原油、製造法によるアスファルトについて密粒度混合物の水浸 WT 試験を実施した。そしてアスファルト性状として原アスファルトの 25℃ 針入度、軟化点、60℃ 粘度をとり、それぞれの性状と密粒度混合物の 60℃ 水浸 WT 試験変形率との関係について定量的に比較検討を行った。

その結果、表 I-3 に示したように、密粒度混合物の 60℃ 水浸 WT 試験変形率に対しては、アスファルトの 60℃ 粘度が最も相関性の良いことがわかった。

第2報 アスファルト粘度と密粒度混合物の水浸WT試験変形率の関係

1. まえがき

第1報で密粒度混合物の60℃水浸WT試験変形率に対しては、アスファルトの60℃粘度が25℃針入度、軟化点と比べて最も相関性の良いことを示した。

この結果の解釈の仕方には色々あると思うが、やはり60℃における変形率に対しては、等温度におけるアスファルトのコンシステンシーが最も相関性が良いと解釈するのが妥当なのではないかと考える。すなわち、25℃針入度は25℃におけるアスファルトのコンシステンシーであって、60℃という試験温度とは35℃も離れた温度の性状であり、25℃の性状をもとに一定の考え方で60℃の性状を予測することは、アスファルトの感温性が異なる場合には誤差を生ずることになる。同様に軟化点は、現在の市販されている舗装用アスファルトのほとんどは45～55℃ぐらいのものが多く、25℃針入度よりは60℃に近い温度でのコンシステンシーを表わしているため、25℃針入度より軟化点のほうが60℃変形率に対して相関性は良いが、まだ60℃とは温度差が有るために予測誤差の生ずる余地が残っているわけである。

以上の結果は60℃における水浸WT試験変形率との関係についてであるが、この結果をさらに拡張解釈すれば、

『いかなる温度においても、その温度におけるアスファルト粘度と密粒度混合物の水浸WT試験変形率の間に同一の相関関係がある』ということになる。

この点の確認を行うために本研究を実施した。すなわち、80/100ストレートアスファルトを用い、密粒度混合物の水浸WT試験を70℃、60℃、54℃、50℃、40.8℃の各温度で実施するとともに、その温度におけるアスファルト粘度を実測し、各温度におけるアスファルト粘度とその温度における水浸WT試験変形率の関係式を求め、その関係式と第1報で求めたアスファルトの60℃粘度と60℃水浸WT試験変形率の関係式とが実質的に同一と言えるかどうかの検討を行った。

2. 原料および試験方法

2.1 使用アスファルト

第1報で示した表I-2のNo.6の80/100ストレートアスファルトを使用した。

2.2 混合物の配合, 使用骨材, 混合物作成法

第1報の2.3および2.4で述べたものと同一である。

2.3 アスファルト粘度測定方法

第1報の2.1で述べたと同一の方法で行い、温度のみをそれぞれ所定の測定温度とした。

2.4 水浸WT試験方法

第1報の2.5で述べたと同一の方法で行い、温度のみをそれぞれ所定の温度とした。

3. 試験結果および考察

3.1 試験温度と変形率, アスファルト粘度の関係

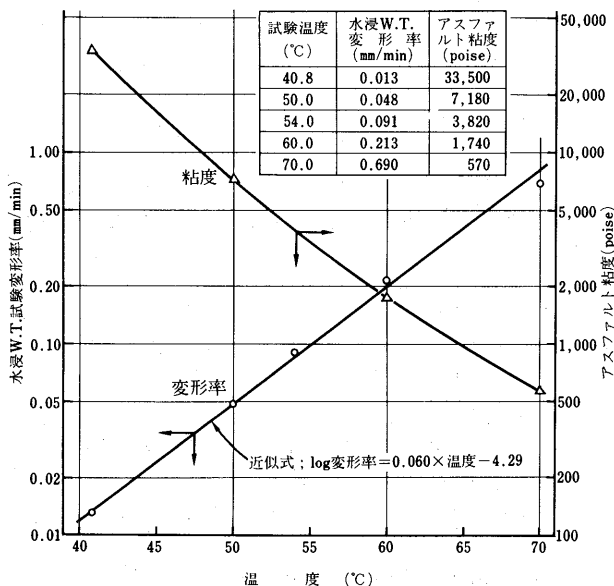
各試験温度における密粒度混合物の水浸WT試験変形率とその温度におけるアスファルト粘度の測定結果を図II-1に示す。

図II-1からわかるように、温度(℃)-log(変形率(mm/min))の関係は非常にきれいに直線で近似することができた。その1次近似式は次のとおりであった。

$$\log RD = 0.060 T - 4.29 \quad (1)$$

RD ; 密粒度混合物の水浸WT試験変形率(mm/min)

T ; 試験温度(℃)



図II-1 各試験温度における密粒度混合物の水浸WT試験変形率とアスファルト粘度(80/100ストレートアスファルトの場合)

この1次近似式(1)からわかるように、密粒度混合物の水浸WT試験変形率は温度が 10°C 高まると元の温度の変形率に対して約4.0倍 ($10^{0.06 \times 10} = 10^{0.6} = 4.0$) 増大することがわかる。したがって、例えば路面温度が 20°C の場合と夏の路面最高到達温度が 60°C の場合では、温度差は 40°C であるから、水浸WT試験変形率では $4.0^{40/10} = 4.0^{4.0} = 256$ 倍の変形率となる。このことは、わだち掘れがいかに夏期に重点的に起こるかという事を如実に示している。

3.2 アスファルト粘度と水浸WT試験変形率の関係

- (1) 図II-1のデータを使って、アスファルト粘度と水浸WT試験変形率の関係を求めたのが、図II-2である。図II-2には、 $\log(\text{粘度 (poise)}) - \log(\text{変形率 (mm/min)})$ に関する1次近似式も併せて示した。
- (2) この結果を第1報における図I-3 (アスファルトの 60°C 粘度と 60°C 水浸WT試験変形率の関係)と比較すると、アスファルト粘度と変形率に関する1次近似式のこう配は、15%以内の誤差範囲で一致していることがわかる。このことから、アスファルト粘度と密粒度混合物の水浸WT試験変形率の間には、温度に関係なく実質的にはほぼ一定の相関関係があるものと考えられる。
- (3) そこで、第1報の図I-3のデータに、図II-1の 50°C および 40.8°C の点のデータを追加した場合のアスファルト粘度—密粒度混合物の水浸WT試験変形率の関係を図II-3に示した。

図II-3に示した直線は、第1報および本報で検討した範囲内における、任意の温度でのアスファルト粘度と密粒度混合物の水浸WT試験変形率の関係を表わすマスターカーブ的なものを意味している。

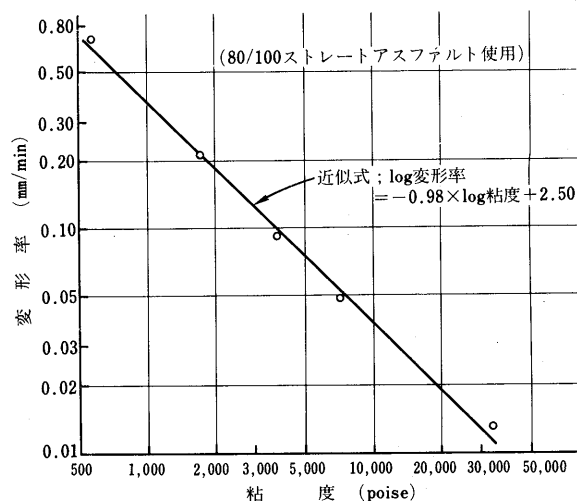
なお、第1報の3.5の(5)で述べたと同じ理由から、図II-3の横軸は水浸WT試験を行う温度における、供試体の抽出アスファルト粘度に置きかえて読むことによってさらに精度は向上するものと考えている。

- (4) また、図II-3の結果から同一温度で密粒度混合物の水浸WT試験変形を半減させるためには、アスファルト粘度を約2.0倍に高める必要のあることを物語っている。

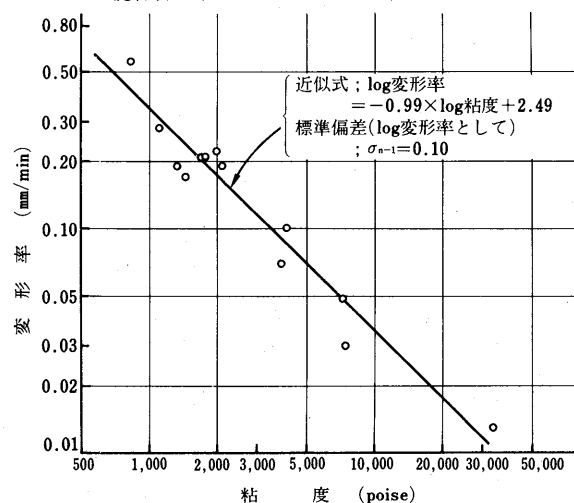
4. 結論

- (1) 同一アスファルトを使用した密粒度混合物の水浸

図II-2 任意温度におけるアスファルト粘度と密粒度混合物の水浸WT試験変形率の関係



図II-3 任意温度におけるアスファルト粘度と密粒度混合物の水浸WT試験変形率の相関関係



WT試験を $40.8^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ の温度範囲で実施し、各試験温度におけるアスファルト粘度と変形率の関係を検討した結果、両者の間には温度に関係なく、実質的にはほぼ一定の相関関係のあることがわかった。

- (2) 本実験の範囲では、温度が 10°C 高まると変形率は元の温度における値の4.0倍となることがわかった。
- (3) 第1報のデータと本報の 40.8°C および 50°C のデータを併せた場合の任意の温度におけるアスファルト粘度と水浸WT試験変形率の関係を図II-3に示した。
- (4) 図II-3に示した試験結果の範囲では、同一温度で変形率を $\frac{1}{2}$ に低下させるには、アスファルト粘度を2.0倍にする必要のあることがわかった。

第3報 わだち掘れ対策上必要とされるアスファルト粘度の推定に関する一つの考え方

1. まえがき

現在わだち掘れは大きな問題となっているが、アスファルト面でいかに対応したらよいかという事になると、なかなか具体的に処方箋が出せない現状にある。

この原因は道路の供用条件、環境条件がなかなかはっきりとつかめない点があり、アスファルト性状と現場のわだち掘れの関係は不明確な状態が続いているからである。

この原因について、第2報の研究結果を加味して考えてみると次のような事がいえると考ええる。すなわち、図II-1の説明でも述べたように、例えば路面温度が20°Cの場合と路面温度が60°Cの場合では、水浸WT試験変形率は約260倍違う。すなわち、わだち掘れ深さというものは現状のようなアスファルトを使っている限り、アスファルトの固有の硬さ(80/100とか40/60といった程度のもの)というものより、1年のうちの路面温度が上昇している状態の時に、どのようなタイヤ接地圧の車が何台走ったかという事による影響が大きいのではないかと考える。

したがって、単にミクロ的に道路の年間の通過車輦重量当たりのわだち掘れ深さとアスファルト性状との関係を調査しても、なかなか両者の相関関係はつかめるものではないと考える。

すでに第1報、第2報で、(1) 任意の温度において密

粒度混合物の水浸WT試験変形率に対しては、その温度におけるアスファルト粘度が最も相関性のあること、また、(2) 限られた実験の範囲内であるがアスファルト粘度と変形率の定量的関係も示した。そこで、本研究では第1報および第2報の研究結果を基礎にして、ここでは大胆にわだち掘れを起こさないためのアスファルト粘度の推定を行ってみた。

基本的な考え方は次のとおりである。

- (1) 世界の先進国の中で、わだち掘れの起こっていない国を探す。
- (2) その国の混合物に相当する供試体を用いて、その国の路面最高温度に相当する温度で水浸WT試験を実施する。
- (3) (2)で行った試験で得られる変形率と同一値が得られるための密粒度混合物におけるアスファルトの必要粘度を図II-3から求める。
- (4) わが国の場合、路面最高温度が60°Cとすれば、(3)で求めた粘度値が60°C以上の温度で得られるアスファルトなら、わだち掘れが起こらないと考える。

この考え方は極めてミクロ的なとらえ方であり、多くの仮定を含むものであるが、一つのガイドラインを推定することができると考えた。

表III-1 OECD諸国におけるアスファルト舗装の永久変形問題

備考：文献1)から転載

国 名	法定最大軸重 (ton)		過 載	最大路面温度 (℃)	変形問題の 重要度	永 久 変 形 現 象							
	単	複				波 状 表 面			わ だ ち 掘 れ				
						有無	発生場所	影響を受けている層	有無	発生場所	影響を受けている層 摩耗層 表層 基層		
ベルギー	13	20	有一多い	50	大	有	特 殊	上 部	有	全て	○	○	○
カ ナ ダ	8－9	12.6－16	〃	49	小	〃	〃	〃	〃	特殊	—	—	○
フ ラ ン ス	13	21	〃	55	大	〃	〃	〃	〃	一般的ではない	○	○	○
西 独	10	16	有一少ない	50	中	希少	〃	〃	〃	特殊	○	○	○
アイルランド	10	16	〃	—	小	有	〃	〃	〃	〃	○	—	—
イ タ リ ー	10	14.3－22	有一多い	60	大	〃	〃	〃	〃	全て	○	○	—
日 本	10	—	〃	60	〃	〃	〃	〃	〃	〃	○	○	—
オ ラ ン ダ	10	16	〃	54	〃	〃	〃	〃	〃	〃	○	○	○
ス ペ イ ン	13	14.7－21	〃	60	〃	〃	〃	〃	〃	〃	○	○	—
ス イ ス	10	14	有一少ない	55	〃	〃	〃	〃	〃	一般的ではない	○	○	—
ト ル コ	8	14.5	有一多い	55	〃	〃	〃	〃	〃	全て	○	○	○
英 国	9	11－18	有	45	小	〃	〃	〃	〃	特殊	○	—	—
米 国	9－10	16	有一少ない	60	〃	〃	〃	〃	〃	〃	○	○	○

2. 諸外国における供用条件とわだち掘れ状況

最近のOECDレポート¹⁾から諸外国の状況を表Ⅲ-1に示した。

表Ⅲ-1を見るとわかるように、諸外国でわだち掘れによる問題が少ないと言っている国は、カナダ、アイルランド、英国、米国となっている。この中でアイルランドについては路面温度の記載がない、恐らく英国と同じと考えられる。しかし、交通量は日本と比べて少ないことが予想されるので、以下においてはカナダ、英国、米国について検討した。

3. カナダ、英国、米国で使用されているアスファルトおよび混合物の種類

最近のOECDレポート¹⁾などから、カナダ、英国、米国で表層用に使用されているアスファルトおよび混合物の種類は表Ⅲ-2のようなものと推定した。

カナダ、英国については使用アスファルトの針入度は分っていても、60℃粘度が不明である。そこで、表Ⅲ-2の使用アスファルトについては、針入度の低いほうの値のアスファルトについて60℃粘度を推定してみた。このような推定は第1報で述べたように、製造法を考えずに針入度値をもって60℃粘度を推定することは極めて危険な事ではあるが、ここではそれぞれの針入度に相当する普通のストレートアスファルトの60℃粘度を推定し、念のためにその粘度値より約50%強高い粘度のアスファルトを使用していると仮定して(例えばセミプローン品などを使用しているとして)、各国の使用アスファルトの粘度値として、

表Ⅲ-2 カナダ、英国、米国における表層用の使用アスファルトと混合物の種類

国名	使用アスファルトの針入度(25℃)	混合物の種類
カナダ	100/200	アスコタイプ
英国	50/70 (バス停付近などは針入度35)	ホットロールタイプ
米国	40/100(60℃粘度が1,000~4,000poise*)	アスコタイプ

* ; 文献⁽²⁾参照

カナダ ; 針入度=100 , 60℃粘度=1,800 poise

英国 ; 針入度=50 60℃粘度=5,000 poise

米国 ; 60℃粘度=4,000poise (米国の使用アスファルト最高粘度については文献⁽²⁾からはっきりしている)

と仮定した。

また、各国の代表的な表層混合物の粒度について、推定した粒度範囲の中央値を図Ⅲ-1に示した。

4. カナダ、英国、米国の表層混合物の路面最高温度における水浸WT試験変形率の推定

4.1 カナダ

図Ⅲ-1から、カナダにおける混合物の合成粒度はわが国の舗装要綱の密粒度混合物用粒度とほとんど同一と考えられるので、第2報の研究結果を利用して水浸WT試験変形率を推定した。

使用アスファルトの60℃粘度は3.で述べた考え方から1,800poiseと仮定すると、このアスファルトのカナダにおける路面最高温度である49℃(表Ⅲ-1参照)における粘度では約10,000poiseに相当する。

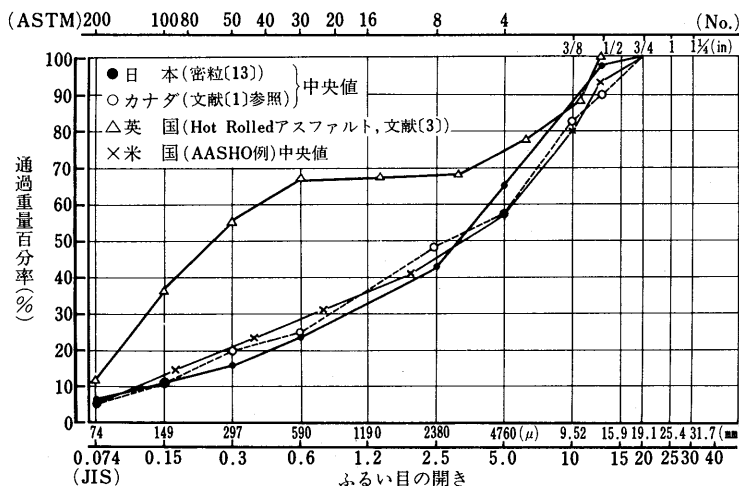
したがって、図Ⅱ-3からカナダの路面最高温度における水浸WT試験変形率は0.034mm/minぐらいと推定される。

4.2 英国

英国の使用アスファルトは3項において、60℃粘度が約5,000poiseと一応仮定したが、将来使用実態が明確になることも有と考え、アスファルトとして60℃粘度が3,290poiseのものと、6,430poiseのものの2種類について、Hot Rolled混合物の45℃水浸WT試験を実施した。45℃という温度は英国における路面最高温度に合せたものである(表Ⅲ-1参照)。

水浸WT試験供試体作成および水浸WT試験方法は第2報2項と同一方法である。

試験した供試体の合成粒度は図Ⅲ-



図Ⅲ-1 日本、カナダ、英国、米国における代表的な表層混合物の合成粒度中央値

1のHot Rolled混合物のものとほぼ同一で、その合成粒度、骨材配合比率およびアスファルト量を表Ⅲ-3に示した。

また、使用アスファルトの性状を表Ⅲ-4に、また45℃水浸WT試験結果を図Ⅲ-2に示した。

図Ⅲ-2から、英国のHot Rolled混合物に使用するアスファルトの60℃粘度を5,000poiseと仮定すると、英国の路面最高温度における水浸WT試験変形率は0.023mm/minぐらいと推定される。なお、この粘度値は近似式上の点であり、推定粘度値の変動巾を標準偏差値の2倍でとると、推定粘度値の範囲は約8,800~22,000poiseとなる。

4.3 米国

図Ⅲ-1から米国の混合物の合成粒度はわが国の舗装要綱の密粒度アスコンの粒度とほとんど同一と考えられる。

米国の重交通道路では60℃粘度が4,000±800 poiseのアスファルトが使用されているようである²⁾ことから、高いほうの値として60℃粘度が4,800poiseと仮定すると、米国の路面最高温度である60℃(表Ⅲ-1参照)における水浸WT試験変形率は図Ⅲ-3から0.070mm/minぐらいと推定される。

このアスファルトに近いものとして、現在わが国では40/60ストレートアスファルトがあり、その60℃粘度は硬目のほうで4,000poiseぐらいあり米国並みである。それにもかかわらずこの程度のアスファルト粘度で、しか

表Ⅲ-3 Hot Rolled混合物の骨材合成粒度、配合比率およびアスファルト量

(1) 合成粒度

混合物の種類		Hot Rolled アスファルト
最大粒径(mm)		13
通過重量百分率(%)	13 mm	100
	10	93.5
	5	71
	0.6	67
	0.3	55
	0.15	36
	0.074	11

(2) 骨材混合比率 (wt%)

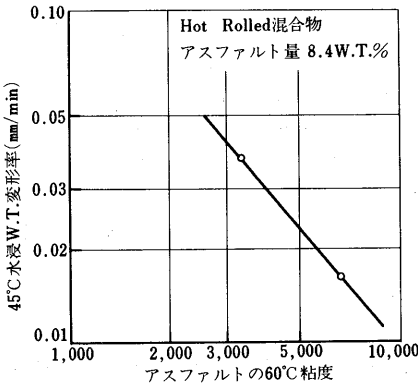
6号砕石	7号砕石	砂 0.6mm-0.3mm	砂 0.3mm-0.15mm	砂 0.15mm-0.074mm	石粉
30.0	3.0	12.0	18.0	23.0	14.0

(3) アスファルト量 8.4wt%

表Ⅲ-4 Hot Rolled混合物に使用したアスファルトの性状

No.	針入度(25℃)	軟化点(℃)	60℃粘度 (poise)
1	50	50.5	3,290
2	31	55.5	6,430

図Ⅲ-2 アスファルトの60℃粘度とHot Rolled混合物の45℃水浸WT試験変形率の関係



も同じようなアスコンタイプの混合物を使用している米国では、わだち掘れが少ないということは、米国では過載車輛が少ないこと(表Ⅲ-1)、トラックレーンの整備がされていることなどによるものではないかと考える。

5. わだち掘れ対策上必要とされる路面最高温度における表層混合物の水浸WT試験変形率の推定と、わが国において必要とされるアスファルトの60℃粘度推定値

4で述べた推定の結果を表Ⅲ-5に示す。

表Ⅲ-5で路面最高温度において最も変形率推定値の大きい国は米国であるが、表Ⅲ-1によれば米国では過載はほとんどないようであり、この値をもって車線巾、過載の程度などが異なる我が国に当てはめることは不安感を覚える。

残るカナダと英国の推定値は、表Ⅲ-5からかなり近い値を示しており、英国のほうが変形率推定値は小さい。

表Ⅲ-5 わだち掘れの少ない国の、路面最高温度における表層混合物の水浸WT試験変形率の推定値

国名	路面最高温度における水浸WT試験変形率の推定値 (mm/min)	路面最高温度 (℃)
カナダ	0.034	49
英国	0.023	45
米国	0.070	60

したがって、低い値の英国のほうを考えておけば、より安全側となろう。英国の交通量、タイヤ接地圧などといった供用条件については、はっきりしたデータがないので、これ以上の補正をすることはできないが、逆にいえば英国並みの交通条件に相当する道路で、わが国においてわだち掘れを英国並みまで減らすには、わが国の表層用密粒度混合物の60°C水浸WT試験変形率は0.023mm/minまで落す必要があると推定される。

この推定値を満足するためには、例えば現在わが国で舗装用に最も硬目のストレートアスファルトとして使用されている40/60ストレートアスファルトの場合（硬目で60°C粘度が約4,000poiseぐらい）と比べて、変形率を約 $\frac{1}{4}$ ぐらいに下げることが必要になることになる。

そして、英国並みの変形率を60°Cで得るには、密粒度混合物用アスファルトの60°C粘度としては、図II-3から約14,000poise程度必要という事が推定される。

6. 結論

上記したように、極めてマクロ的な見方ではあるが、わが国のわだち掘れを先進国のわだち掘れの少ない国並みに落すには、英国あるいはカナダの道路がある面を参考になる。

そして、これまで述べた仮定に基づく考察の結果、各国並みの交通条件下で各国並みのわだち掘れ程度まで低下させるには、まず英国並みにするにはわが国の表層混合物の60°C水浸WT試験変形率を0.023mm/minまで落す必要があり、そのためには密粒度混合物に用いるアスファルトの60°C粘度は約14,000poise(推定粘度値の変動中

を標準偏差値の2倍にとった場合は約8,800～22,000poise)必要と推定される。

また、カナダ並みとする場合には、密粒度混合物用アスファルトの60°C粘度は10,000poiseぐらい必要と推定される。

7. あとがき

この議論は初めからお断りしているように、極めて大胆な仮定のもとに、1挙にマクロ的な見方で考察したものであり、一つのたたき台のつもりで検討してみた。もう少し諸外国の使用骨材、使用アスファルト、舗装体の供用条件などについての詳しい正確な情報があれば、この考え方に基づいてさらに精度の良い議論が可能になっていくものと考ええる。

なお、変形率の推定値そのものについては、当所の混合物試験のやり方と異なれば当てはまらなくなる可能性はある。しかし、推定した必要とされるアスファルトの60°C粘度値に関しては、この議論の仮定が大きく外れていなければある程度一般性があるものと考えられ、一つのガイドラインとなり得る可能性は有ると考える。

8. 引用文献

- 1) OECD Road Research Group, "Resistance of Flexible Pavement to Plastic Deformation" OECD (1975) p 18
- 2) 林 誠之; アスファルト, 19, No.107, 15(1976)
- 3) T.R.J.Faff; P.A.A.P.T., 43, 294 (1974)

第4報 アスファルト性状と密粒度混合物の曲げ脆化温度との関係

1. まえがき

本研究はアスファルト性状と密粒度混合物の低温性状の相関性に関して検討したものである。

舗装の破壊現象の中で低温に関係の有るものとして、ひび割れがある。ただし、表層のひび割れ原因は温度もさることながら、基層以下の下部構造の支持力に大きく依存すると考えられ、交通条件に見合った支持力がなければ、ひび割れは低温でなくとも十分起こり得るものと考ええる。

従来、ひび割れの発生現象はきわめて不均一性が強いと思われるが、その原因は場所による基層以下の支持力あるいは厚さ、交通条件の差など、使用材料以外の多くの条件が千差万別であることによるものと思われる。

したがって、アスファルト面からいえば、目的とする

交通条件に近いような道路で、あるアスファルトを用いた道路について調査し、その中にひび割れの起きていない道路が一つでも有れば、そのアスファルトは本来ひび割れには十分耐えるアスファルトであることを示していると理解すべきである。

ここでは十分な支持力を持った下部構造の上に敷かれる表層混合物というものを想定して検討した。このような混合物のどんな低温性状が道路のひび割れと関係するのかについてはあまりはっきりしていない。

そこで、ここでは評価対象とする低温時の混合物性状として、密粒度混合物の低温曲げ試験における脆化温度をとった。

そして、この混合物脆化温度とアスファルトの性状との相関性について、各種製造法によるアスファルトにつ

表Ⅳ－１ 曲げ試験使用アスファルトの性状と混合物脆化温度結果

No.	針入度(100g, 5sec)			軟化点(°C)	フラスコ破壊点(°C)	混合物脆化温度(°C)	アスファルトの製造法	
	25 °C	15 °C	5 °C				原油系	製造法
1	202	96	51	48.0	－35	－17	アラビア（混合基）	セミプローン
2	174	55	21	43.0	－20	＋4	中 東（＃）	ストレート
3	99	40	17	46.5	－19	＋6	アラビア（＃）	セミプローン
4	95	34	12	45.0	－13	＋9	アラビア（＃）	ストレート
5	94	40	15	46.5	－12	＋8	ベネゼラ（ナフテン系）	＃
6	88	38	14	47.0	－12	＋6	中 東（混合基）	＃
7	88	37	14	49.0	－19	＋7	アラビア（混合基）＋ 国産（ナフテン系）	セミプローン
8	79	36	20	55.0	－22	－1	アラビア（混合基）	＃
9	77	29	9	47.5	－10	＋11	アラビア（＃）	PDAブレンド
10	67	28	11	47.5	－9	＋9	中 東（＃）	ストレート
11	56	27	9	51.0	－14	＋14	アラビア（＃）	セミプローン
12	56	24	9	51.5	－11	＋13	アラビア（＃）	PDAブレンド
13	51	20	7	52.5	－5	＋15	中 東（＃）	＃
14	47	21	10	57.0	－12	＋9	中 東（＃）	セミプローン
15	40	19	6	53.5	－7	＋17	アラビア（＃）	PDAブレンド

いて検討し、最も相関性のあるアスファルト性状を求めた。アスファルト性状としては各種針入度、軟化点、フラスコ破壊点について検討した。

なお、混合物脆化温度とは混合物曲げ試験において、延性破壊から脆性破壊に移る温度であるが、この温度はそのまま道路における脆性破壊の開始する温度を意味するものではなく、載荷条件など試験条件に依存するものである。しかし、同一曲げ試験条件下では、アスファルト同志の低温脆性の起きやすい温度の順位に関する相互比較はできるものと考えている。

したがって、目的とする交通条件、環境条件下でひび割れの起こっていない道路があれば、その道路に使用したアスファルトの混合物脆化温度を調べれば、そういった交通条件、環境条件下でのひび割れの起こらない混合物性状の一つの橋頭保が得られることになるを考える。

本研究はそういう意味を持つ混合物脆化温度に対するアスファルト性状との相関性に関して検討したものである。

2. 使用材料および試験方法

2.1 使用アスファルト

使用アスファルトはなるべく異なった種類のものとなるように配慮し、針入度、軟化点、フラスコ破壊点、原油、製造法を大きくかえたアスファルトを使用した。使用アスファルトの性状は表Ⅳ－１に示す（後述）。

2.2 骨材および配合

配合は密粒度混合物で行い、材料、配合などは第1報の2.3で示したものと同一である。

2.3 供試体作成方法

供試体作成方法は第1報2.4と同じで、供試体の厚さのみ4 cmとした。またでき上がり供試体空隙率は3.0～3.5%である。

2.4 曲げ試験方法

供試体はあらかじめ試験温度にセットした空気浴恒温槽中で平らな状態に置いて、1 hr～3 hr養生し、次の曲げ試験器具の入っている恒温液槽中に30 min 入れて養生後直ちに曲げ試験を行った。

主な試験条件は次のとおりである。

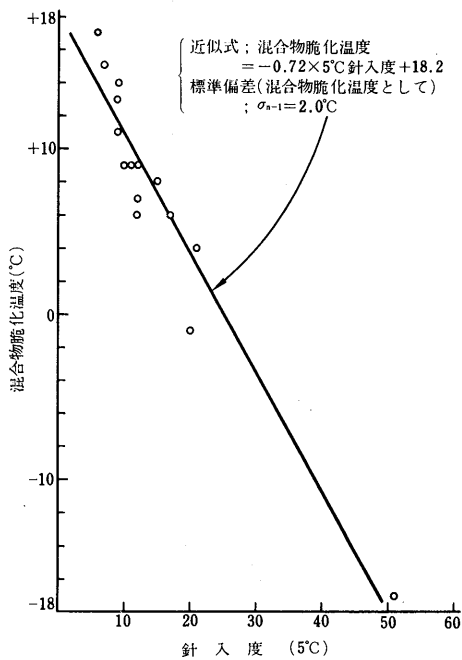
- (1) スパンの長さ 20cm
- (2) 供試体寸法 4 cm×4 cm×30cm
- (3) 載荷位置 供試体上面の中央部
- (4) 載荷速度 200mm/min
- (5) 変形と強度の記録 連続自動記録
- (6) 温度制御性 ±0.5°C以内
- (7) 繰り返し 3回
- (8) 曲げ強度の算出法 曲げ試験の実施に当たって

はあらかじめ供試体の幅 (a cm), 供試体の厚さ (bcm) を測定しておき、曲げ破断時の荷重 (P kg) から、

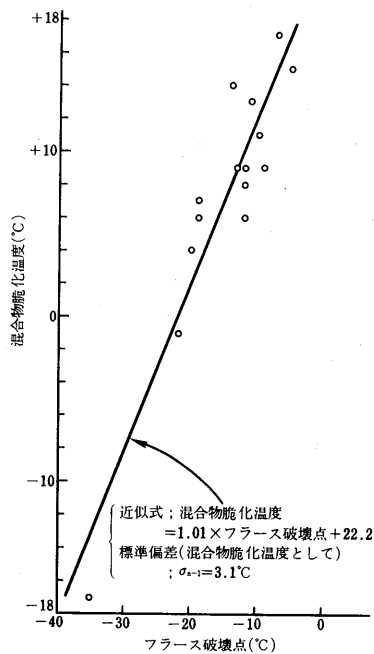
$$\text{曲げ強度 (kg/cm}^2\text{)} = 30P/ab^2$$

を計算し、繰り返し3回の

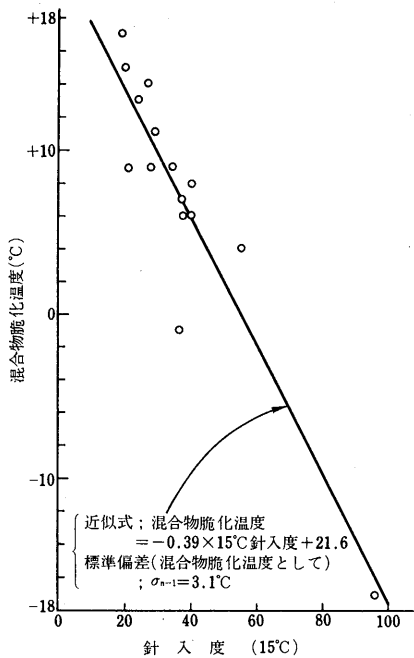
図Ⅳ-1 アスファルトの5℃針入度と密粒度混合物の脆化温度との関係



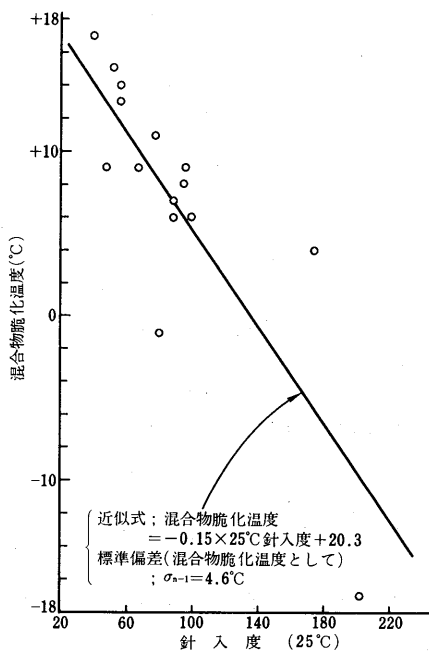
図Ⅳ-2 アスファルトのフラース破壊点と密粒度混合物の脆化温度との関係



図Ⅳ-3 アスファルトの15℃針入度と密粒度混合物の脆化温度との関係



図Ⅳ-4 アスファルトの25℃針入度と密粒度混合物の脆化温度との関係



平均値をとった。

2.5 データ整理方法

各アスファルト性状と混合物脆化温度の相関性に関しては、各ケースのデータについて最小2乗法による近似式を求め、次いでこの近似式とデータとの標準偏差値を求め、この標準偏差値の大小をもって相関性の良否を比較した。

3. 試験結果および考察

3.1 使用アスファルトの性状と密粒度混合物の曲げ試験における脆化温度の結果を表Ⅳ-1に示した。

3.2 アスファルトの性状と密粒度混合物脆化温度の相関関係結果

各々のアスファルト性状と密粒度混合物の曲げ試験における脆化温度の相関性に関しては、両者の間の近似式を求めるとともに、その近似式とデータとの標準偏差値を計算した。1次式近似および2次式近似の結果を表Ⅳ-2に示す。

3.3 密粒度混合物の曲げ試験における脆化温度と相関性の良いアスファルト性状

表Ⅳ-2の1次式近似の標準偏差値をみるとわかるように、今回検討したアスファルト性状の中では、5℃針入度が最も相関性が良く、次いでフラース破壊点と15℃針入度が良かった。また、25℃針入度も案外相関性のあることがわかった。そこで、これらの性状と混合物脆化温度の関係について、図Ⅳ-1、2、3、4に示した。

また、このように5℃および15℃における針入度との相関性が良かったが、特に5℃の場合の針入度値は小さい値となるため、5 secの針入度測定時間では誤差が生じやすいものと考え、15sec、30secについても測定し、そのようにして測定した針入度値についても混合物脆化温度との相関性を検討したところ、予想に反して5 secの場合と比べて標準偏差値は大きくなってしまい、相関性が悪くなることがわかった。また、15℃については、10sec、15secについても検討したが、5℃の場合と同様

表Ⅳ-2 試験結果にもとづくアスファルト性状と密粒度混合物脆化温度の相関式および標準偏差値

近 似	変 数	相 関 式 の 係 数			σ_{n-1} : 標準偏差値(℃) (混合物脆化温度として)
	X^{*1}	A^{*1}	B^{*1}	C^{*1}	
一 次 式 近 似	軟 化 点 (℃)	-23.4	0.61	0	8.0
	フラース破壊点 (℃)	22.2	1.01	0	3.1
	25℃ 針 入 度	20.3	-0.15	0	4.6
	log(25℃針入度)	70.5	-33.3	0	4.9
	15℃ 針 入 度	21.6	-0.39	0	3.1
	log(15℃針入度)	67.6	-39.7	0	3.7
	5℃ 針 入 度	18.2	-0.72	0	2.0
	log(5℃針入度)	45.4	-34.3	0	2.2
二 次 式 近 似	軟 化 点 (℃)	-214.0	8.2	-0.076	7.9
	フラース破壊点 (℃)	15.8	0.19	-0.021	2.6
	25℃ 針 入 度	17.2	-0.084	-0.27×10^{-3}	4.5
	log(25℃針入度)	-59.2	101.0	-34.4	4.6
	15℃ 針 入 度	20.9	-0.36	-0.29×10^{-3}	3.1
	log(15℃針入度)	-38.0	94.2	-41.8	3.2
	5℃ 針 入 度	22.4	-1.2	0.0082	1.7
	log(5℃針入度)	18.0	12.3	-19.1	1.6

*1: 近似式は $Y = \text{混合物脆化温度(℃)} = A + BX + CX^2$

測定秒数が増すほど混合物脆化温度との相関性は悪くなった。

また、表Ⅳ-2 からわかるように1次式近似の場合、各針入度のかわりにlog(針入度)で変数をとっても標準偏差値は減少しなかった。

3.4 5℃針入度の有用性について

以上述べたように、ここで行った密粒度混合物の曲げ試験における脆化温度に対しては、アスファルトの5℃針入度が最も相関性が良く、フラース破壊点の場合と比べ標準偏差値も約50%程度まで下がっている。

従来アスファルトの低温性状としてフラース破壊点は有名であるが、この試験は個人誤差の入る余地がかなり有る。今回の試験に用いたフラース破壊点のデータは同一測定者によるものであるが、もし各アスファルトを無作為に異なった試験機関で測定し、そのフラース破壊点データをもって整理するとすれば、恐らく混合物脆化温度とフラース破壊点の相関性はさらに悪くなったものと予想される。

これに対して針入度の場合は、初めに針の先端を合わせる時点で十分な注意をはらえば、測定秒数、温度制御などは自動化できることから、かなり誤差の少ない測定が可能になると思われ、アスファルトの低温性状として低温における針入度はかなり有用性があると考えられる。

だし低温針入度の場合は、25℃の場合と比べて測定温度と室温の差が非常に大きくなるために、測定温度管理が十分でない場合は、この面から非常に大きな誤差を生ずることになる。しかし、十分な配慮がなされれば測定に要する時間も、個人誤差の生ずる余地も少ないと考えられるので、メリットは多いと考える。

表Ⅳ-3 アスファルトの各種針入度とフラス破壊点の相関式および標準偏差値

近似	変 数	相 関 式 の 係 数			σ_{n-1} : 標準偏差値(℃) (混合物脆化温度として)
	X* ¹	A* ¹	B* ¹	C* ¹	
一 近 次 式 似	25℃針入度	-2.82	-0.14	0	4.3
	15℃針入度	-2.01	-0.35	0	3.3
	5℃針入度	-5.78	-0.61	0	2.6
二 近 次 式 似	25℃針入度	-5.42	-0.081	-0.23×10^{-3}	4.2
	15℃針入度	0.35	-0.46	0.98×10^{-3}	3.3
	5℃針入度	-1.34	-1.10	0.0086	2.3

*1: 近似式は $Y = \text{フラス破壊点}(^\circ\text{C}) = A + BX + CX^2$

3. 5 各種温度の針入度値とフラス破壊点の相関性

従来アスファルトの低温における性状を表わすものとしてフラス破壊点があったが、本研究で低温針入度の有用性が認められた。そこで多少本題からはずれが、今回のアスファルトデータをもとにして、従来なじみの有るフラス破壊点と各種針入度値との相関性について整理したので、その結果を表Ⅳ-3に示す。

表Ⅳ-3からわかるように、5℃針入度との相関性が良く(さらに温度を下げれば、より相関性の良い点も有ると思うが)、標準偏差値も1次式近似で2.6℃と比較的良好であった。

3. 6 ひび割れを生じないためのアスファルトの5℃針入度値についての考え方

ひび割れの発生については1.で述べたように、アスファルト性状以外の因子による影響が大きいと考えるので、現場のひび割れ現象と使用アスファルト性状の関係を1対1で結びつけることは思考に混乱を招くものと予想される。

そこで、ひび割れとアスファルトの関係については、『このアスファルトを使ったらひび割れが起きてだめだった』というネガティブなとらえ方ではなく、「このアスファルトはひび割れが起こらない」というポジティブなとらえ方をする必要があると考える。すなわち、次の表からわかるように、

ひび割れに及ぼす因子		結 果	
アスファルト	その他の因子	舗装体のひび割れ現象	
良	良	→	発生せず
良	不良	→	発生する
不良	良	→	発生する
不良	不良	→	発生する

ひび割れの発生現象からアスファルトが原因かどうかを証明することは不可能であり、ただ一つひび割れの起きない事例についてのみ、このアスファルトなら大丈夫と

いうデータが得られるわけである。したがって、同じアスファルトでも良い事例が一つであれば、そのアスファルトは本来ひび割れを起こさないアスファルトであると考えることができる。

この点について筆者の少ない経験の中からではあるが、5℃針入度が7のアスファルトでも、重車輻交通の多い埼玉県122号線(片側1車線づつの道路)で3年1か月経過後も上下線各200mの区間についての調査結果で、全くひび割れの起きていない例がある。

4. 結論

以上、密粒度混合物の曲げ試験における混合物脆化温度とアスファルト性状の相関性に関する検討結果を述べた。

この結果、本報告に示した混合物試験条件下では、混合物脆化温度に対して最も相関性の良いアスファルト性状は5℃針入度であることを見いだした。そして次に良い相関性を有するものとしてはフラス破壊点および15℃針入度であり、混合物脆化温度の予測に対して低温針入度がかかなり有用性をもつことがわかった。

あとがき

本研究結果の一部は、本協会舗装用アスファルト分科会の幹事会で、未発表データとして紹介していたところ、本協会の多田アスファルト舗装技術委員長ならびに蒔田舗装用アスファルト分科会長などから公表するよう要望され、ここに本誌に発表する次第となった。

本研究は筆者の所属する研究所における長期間の研究結果を集積したものであり、本報告の発表を許可して下さった、片山寛取締役研究所長ならびに佐藤通男第1研究室長に対し、舗装用アスファルト分科会幹事の1員として敬意を表する次第である。

また、本研究の実験に当たっては、相沢良雄君の多大な協力と、60℃粘度測定で川上明君の協力があったことをここに記し、両君に感謝の意を表わす次第である。

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
<メーカー>		
ア ジ ア 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区内幸町2-1-1	03 (506) 5 6 4 9
大 協 石 油 株 式 会 社	(104) 東京都中央区八重州5-1-1	03 (274) 5 2 1 1
エッソスタンダード石油株式会社	(107) 東京都港区赤坂5-3-3	03 (584) 6 2 1 1
富 士 興 産 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区永田町2-4-3	03 (580) 3 5 7 1
富士興産アスファルト株式会社	(100) 東京都千代田区永田町2-4-3	03 (580) 0 7 2 1
富 士 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区大手町1-2-3	03 (211) 6 5 3 1
出 光 興 産 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区丸の内3-1-1	03 (213) 3 1 1 1
鹿 島 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区内幸町2-2-3	03 (503) 4 3 7 1
興 亜 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区大手町21-6-2	03 (270) 7 6 5 1
共 同 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区永田町2-11-2	03 (580) 3 7 1 1
極 東 石 油 工 業 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区大手町1-7-2	03 (270) 0 8 4 1
丸 善 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区大手町1-5-3	03 (213) 6 1 1 1
三 菱 石 油 株 式 会 社	(105) 東京都港区芝罘平町1	03 (501) 3 3 1 1
モ ー ビ ル 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区大手町1-7-2	03 (244) 4 3 5 9
日 本 鉱 業 株 式 会 社	(107) 東京都港区赤坂葵町3	03 (582) 2 1 1 1
日 本 石 油 株 式 会 社	(105) 東京都港区西新橋1-3-12	03 (502) 1 1 1 1
日 本 石 油 精 製 株 式 会 社	(105) 東京都港区西新橋1-3-12	03 (502) 1 1 1 1
三 共 油 化 工 業 株 式 会 社	(108) 東京都港区三田1-4-28	03 (454) 4 5 0 1
西 部 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区丸の内1-2-1	03 (216) 6 7 8 1
シ ェ ル 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区霞が関3-2-5	03 (580) 0 1 1 1
昭 和 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区丸の内2-7-3	03 (231) 0 3 1 1
昭和四日市石油株式会社	(100) 東京都千代田区有楽町1-11	03 (211) 1 4 1 1
谷 口 石 油 精 製 株 式 会 社	(512) 三重県三重郡川越町大字高松1622	0593 (64) 1 2 1 1
東 亜 燃 料 工 業 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区一ツ橋1-1-1	03 (213) 2 2 1 1
東 北 石 油 株 式 会 社	(983) 宮城県仙台市中野字高松238	02236 (5) 8 1 4 1

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
〔ディーラー〕		
● 北 海 道		
アサヒレキセイ (株) 札幌支店	(064) 札幌市中央区南4条西10-1003-4	011 (521) 3 0 7 5 大 協
中西瀝青 (株) 札幌出張所	(060) 札幌市中央区北2条西2	011 (231) 2 8 9 5 日 石
(株) 南部商会 札幌出張所	(060) 札幌市中央区北2条西2-15	011 (231) 7 5 8 7 日 石
株式会社 ロード資材	(060) 札幌市中央区北1条西10-1-11	011 (261) 7 4 6 9 丸 善
(株) 沢田商行 北海道出張所	(060) 札幌市中央区北2条西3	011 (221) 5 8 6 1 丸 善
(株) トーアス 札幌営業所	(064) 札幌市中央区南15条西11	011 (561) 1 3 8 9 共 石
葛井石油株式会社	(060) 札幌市中央区北5条西21-411	011 (611) 2 1 7 1 丸 善
● 東 北		
アサヒレキセイ (株) 仙台支店	(980) 宮城県仙台市中央3-3-3	0222 (66) 1 1 0 1 大 協
中西瀝青 (株) 仙台営業所	(980) 宮城県仙台市中央2-1-30	0222 (23) 4 8 6 6 日 石
(株) 南部商会 仙台出張所	(980) 宮城県仙台市中央2-1-17	0222 (23) 1 0 1 1 日 石
有限会社 男鹿興業社	(010-05) 秋田県男鹿市船川港船川字化世沢178	01852(4)3293 共 石
竹中産業 (株) 新潟営業所	(950) 新潟市東大通1-4-2	0252 (46) 2 7 7 0 シェル
● 関 東		
アサヒレキセイ株式会社	(104) 東京都中央区八丁堀3-3-5	03 (551) 8 0 1 1 大 協
アスファルト産業株式会社	(103) 東京都中央区八丁堀4-4-13	03 (553) 3 0 0 1 シェル
富士鉱油株式会社	(105) 東京都港区新橋4-26-5	03 (432) 2 8 9 1 丸 善
富士油業 (株) 東京支店	(106) 東京都港区西麻布1-8-7	03 (478) 3 5 0 1 富士興産アス
伊藤忠燃料株式会社	(160) 東京都新宿区新宿3-4-7	03 (347) 3 9 6 1 共 石
関東アスファルト株式会社	(336) 浦和市岸町4-26-19	0488 (22) 0 1 6 1 シェル
株式会社 木畑商会	(104) 東京都中央区八丁堀4-2-2	03 (552) 3 1 9 1 共 石
国光商事株式会社	(165) 東京都中野区東中野1-7-1	03 (363) 8 2 3 1 出 光
極東資材株式会社	(105) 東京都港区新橋2-3-5	03 (504) 1 5 2 8 三 石
三菱商事株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内2-6-3	03 (210) 6 2 9 0 三 石
三井物産株式会社	(100-91) 東京都千代田区大手町1-2-1	03 (285) 6 3 8 9 極東石
中西瀝青株式会社	(103) 東京都中央区八重州1-2-2	03 (272) 3 4 7 1 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 (212) 3 0 2 1 日 石
日本輸出入石油株式会社	(100) 東京都千代田区大手町1-2-3	03 (211) 6 7 1 1 共 石
日東石油販売株式会社	(104) 東京都中央区新川2-8-3	03 (551) 6 1 0 1 シェル
日東商事株式会社	(170) 東京都豊島区巢鴨3-39-4	03 (915) 7 1 5 1 昭 石
瀝青販売株式会社	(103) 東京都中央区日本橋2-16-3	03 (271) 7 6 9 1 出 光
菱東石油販売株式会社	(101) 東京都千代田区外神田6-15-11	03 (833) 0 6 1 1 三 石
菱洋通商株式会社	(104) 東京都中央区銀座4-2-14	03 (564) 1 3 2 1 三 石
三徳商事 (株) 東京営業所	(101) 東京都千代田区岩本町1-3-7	03 (861) 5 4 5 5 昭 石
株式会社 沢田商行	(104) 東京都中央区入船町1-7-2	03 (551) 7 1 3 1 丸 善
新日本商事株式会社	(101) 東京都千代田区神田錦町2-7	03 (294) 3 9 6 1 昭 石
昭和石油アスファルト株式会社	(140) 東京都品川区南大井1-7-4	03 (761) 4 2 7 1 昭 石
住商石油株式会社	(160-91) 東京都新宿区西新宿2-6-1	03 (344) 6 3 1 1 共 石

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
大 洋 商 運 株 式 会 社	(103) 東京都中央区日本橋本町3-7	03 (245) 1 6 3 2 三 石
竹 中 産 業 株 式 会 社	(101) 東京都千代田区鍛冶町1-5-5	03 (251) 0 1 8 5 シェル
東 光 商 事 株 式 会 社	(104) 東京都中央区京橋1-6	03 (274) 2 7 5 1 三 石
株式会社 トーアス	(100) 東京都千代田区内幸町2-1-1	03 (501) 7 0 8 1 共 石
東京富士興産販売株式会社	(105) 東京都港区芝罘平町34	03 (591) 3 4 0 1 富士興産アス
東京レキセイ株式会社	(150) 東京都渋谷区恵比寿南2-3-15	03 (719) 0 3 4 5 富士興産アス
東京菱油商事株式会社	(160) 東京都新宿区新宿1-10-3	03 (352) 0 7 1 5 三 石
東 生 商 事 株 式 会 社	(150) 東京都渋谷区渋谷町2-19-18	03 (409) 3 8 0 1 三共・出光
東 新 瀝 青 株 式 会 社	(103) 東京都中央区日本橋2-13-5	03 (273) 3 5 5 1 日 石
東洋アスファルト販売株式会社	(107) 東京都港区赤坂5-3-3	03 (584) 6 2 1 1 エ ッ ソ
東洋国際石油株式会社	(104) 東京都中央区八丁堀3-3-5	03 (552) 8 1 5 1 大 協
梅 本 石 油 株 式 会 社	(162) 東京都新宿区新小川町2-10	03 (269) 7 5 4 1 丸 善
宇 野 建 材 株 式 会 社	(241) 横浜市旭区笹野台168-4	045 (391) 6 1 8 1 三 石
ユ ニ 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区霞ヶ関1-4-1	03 (503) 4 0 2 1 シェル
渡 辺 油 化 興 業 株 式 会 社	(107) 東京都港区赤坂3-21-21	03 (582) 6 4 1 1 昭 石
横米アスファルト販売株式会社	(220) 横浜市区高島2-12-12	045 (441) 9 3 3 1 エ ッ ソ

● 中 部

アサヒレキセイ(株)名古屋支店	(466) 名古屋市昭和区塩付通4-9	052 (851) 1 1 1 1 大 協
ビチュメン産業株式会社	(464) 名古屋市千種区覚王山通7-1	052 (762) 1 1 8 5 シェル
千代田石油株式会社	(460) 名古屋市中区栄1-24-21	052 (201) 7 7 0 1 丸 善
富士フソー株式会社	(910) 福井市下北野町東坪3字18	0776 (24) 0 7 2 5 富士興産アス
名古屋富士興産販売(株)	(451) 名古屋市中区庭町2-38	052 (521) 9 3 9 1 富士興産アス
中西瀝青(株)名古屋営業所	(460) 名古屋市中区錦町1-20-6	052 (211) 5 0 1 1 日 石
三徳商事(株)名古屋営業所	(453) 名古屋市中村区則武1-10-6	052 (452) 2 7 8 1 昭 石
株式会社 三 油 商 会	(460) 名古屋市中区丸の内2-1-5	052 (231) 7 7 2 1 大 協
株式会社 沢 田 商 行	(454) 名古屋市中川区富川町1-1	052 (361) 7 1 5 1 丸 善
新東亜交易(株)名古屋支店	(453) 名古屋市中村区広井町3-38	052 (561) 3 5 1 1 三 石
静岡鉱油株式会社	(424) 静岡県清水市袖師町1575	0543 (66) 1 1 9 5 モービル
竹 中 産 業 (株) 福井営業所	(910) 福井市大手2-4-26	0776 (22) 1 5 6 5 シェル

● 近 畿

アサヒレキセイ(株)大阪支店	(550) 大阪市西区北堀江5-55	06 (538) 2 7 3 1 大 協
千代田瀝青株式会社	(530) 大阪市北区此花町2-28	06 (358) 5 5 3 1 三 石
富士アスファルト販売株式会社	(550) 大阪市西区京町堀3-20	06 (441) 5 1 5 9 富士興産アス
平和石油株式会社	(530) 大阪市北区宗是町1	06 (443) 2 7 7 1 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) 5 8 5 6 富士興産アス
関西舗材株式会社	(541) 大阪市東区横堀4-43	06 (271) 2 5 6 1 シェル
川 重 商 事 株 式 会 社	(651-01) 神戸市生田区江戸町98	078 (391) 6 5 1 1 昭石・大協
木曾通産(株)大阪支店	(550) 大阪市西区九条南通4-26-906	06 (581) 7 2 1 6 大 協
北 坂 石 油 株 式 会 社	(590) 堺市戒島町5丁32	0722 (32) 6 5 8 5 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
株式会社 松 宮 物 産	(522) 彦根市幸町32	07492 (3) 1 6 0 8 シェル
丸 和 鉱 油 株 式 会 社	(532) 大阪市淀川区塚本2-14-17	06 (301) 8 0 7 3 丸 善
三 菱 商 事 (株) 大阪支社	(530) 大阪市北区堂島浜通1-15-1	06 (343) 1 1 1 1 三 石
中 西 瀝 青 (株) 大阪営業所	(532) 大阪市淀川区西中島3-18-21	06 (303) 0 2 0 1 日 石
大阪アスファルト株式会社	(531) 大阪市淀川区豊崎西通2-7	06 (372) 0 0 3 1 富士興産アス
大 阪 菱 油 株 式 会 社	(541) 大阪市東区北浜5-11	06 (202) 5 3 7 1 三 石
三 徳 商 事 株 式 会 社	(532) 大阪市淀川区新高4-1-3	06 (394) 1 5 5 1 昭 石
(株) 沢 田 商 行 大阪支店	(542) 大阪市南区鰻谷西之町50	06 (251) 1 9 2 2 丸 善
正 興 産 業 株 式 会 社	(662) 西宮市久保町2-1	0793 (34) 3 3 2 3 三 石
(株) シェル石油大阪発売所	(530) 大阪市北区堂島浜通1-25-1	06 (343) 0 4 4 1 シェル
梅 本 石 油 (株) 大阪営業所	(550) 大阪市西区新町北通1-17	06 (351) 9 0 6 4 丸 善
山 文 商 事 株 式 会 社	(550) 大阪市西区土佐堀通1-13	06 (443) 1 1 3 1 日 石
横 田 瀝 青 興 業 株 式 会 社	(672) 姫路市飾磨南細江995	0792 (35) 7 5 1 1 共 石
アサヒレキセイ (株) 広島支店	(730) 広島市中区中町5-9	0822 (44) 6 2 6 2 大 協

● 四 国・九 州

アサヒレキセイ (株) 九州支店	(810) 福岡市中央区島飼1-3-52	092 (77) 7 4 3 6 大 協
畑 礦 油 株 式 会 社	(804) 北九州市戸畑区牧山新町1-40	093 (871) 3 6 2 5 丸 善
平 和 石 油 (株) 高松支店	(760) 高松市番町5-6-26	0878 (31) 7 2 5 5 シェル
今 別 府 産 業 (株)	(890) 鹿児島市新栄町15-7	0992 (56) 4 1 1 1 共 石
入 交 産 業 株 式 会 社	(780) 高知市大川筋1-1-1	0888 (22) 2 1 4 1 富士・シェル
伊 藤 忠 燃 料 (株) 福岡支店	(812) 福岡市博多区博多駅前3-2-8	092 (444) 8 3 5 3 共 石
株式会社 カ ン ダ	(892) 鹿児島市住吉町1-3	0992 (24) 5 1 1 1 シェル
九 州 菱 油 株 式 会 社	(805) 北九州市八幡区山王町1-17-11	093 (66) 4 8 6 8 三 石
丸 菱 株 式 会 社	(812) 福岡市博多区博多駅前1-9-3	092 (43) 7 5 6 1 シェル
西 岡 商 事 株 式 会 社	(764) 香川県多度津町新町125-2	08773 (2) 3 4 3 5 三 石
三 協 商 事 株 式 会 社	(770) 徳島市万代町5-8	0886 (53) 5 1 3 1 富士興産アス
三 陽 アスファルト 株式会社	(815) 福岡市南区上盤瀬町55	092 (541) 7 6 1 5 富士興産アス
(株) シェル石油徳島発売所	(770) 徳島市中州町1-10	0886 (22) 0 2 0 1 シェル

☆編集委員☆

阿 部 頼 政	高 見 博	藤 井 治 芳
石 動 谷 英 二	多 田 宏 行	松 野 三 朗
牛 尾 俊 介	田 中 宏	真 柴 和 昌
加 藤 兼 次 郎	南 雲 貞 夫	武 藤 喜 一 郎
黒 崎 勲	萩 原 浩	

アスファルト 第110号

昭和52年1月発行

社団法人 日本アスファルト協会

〒105 東京都港区芝西久保明舟町12
TEL03-502-3956

本誌広告一手取扱

株式会社 広業社

〒104 東京都中央区銀座8の2の9 TEL 03-571-0997(代)

ASPHALT

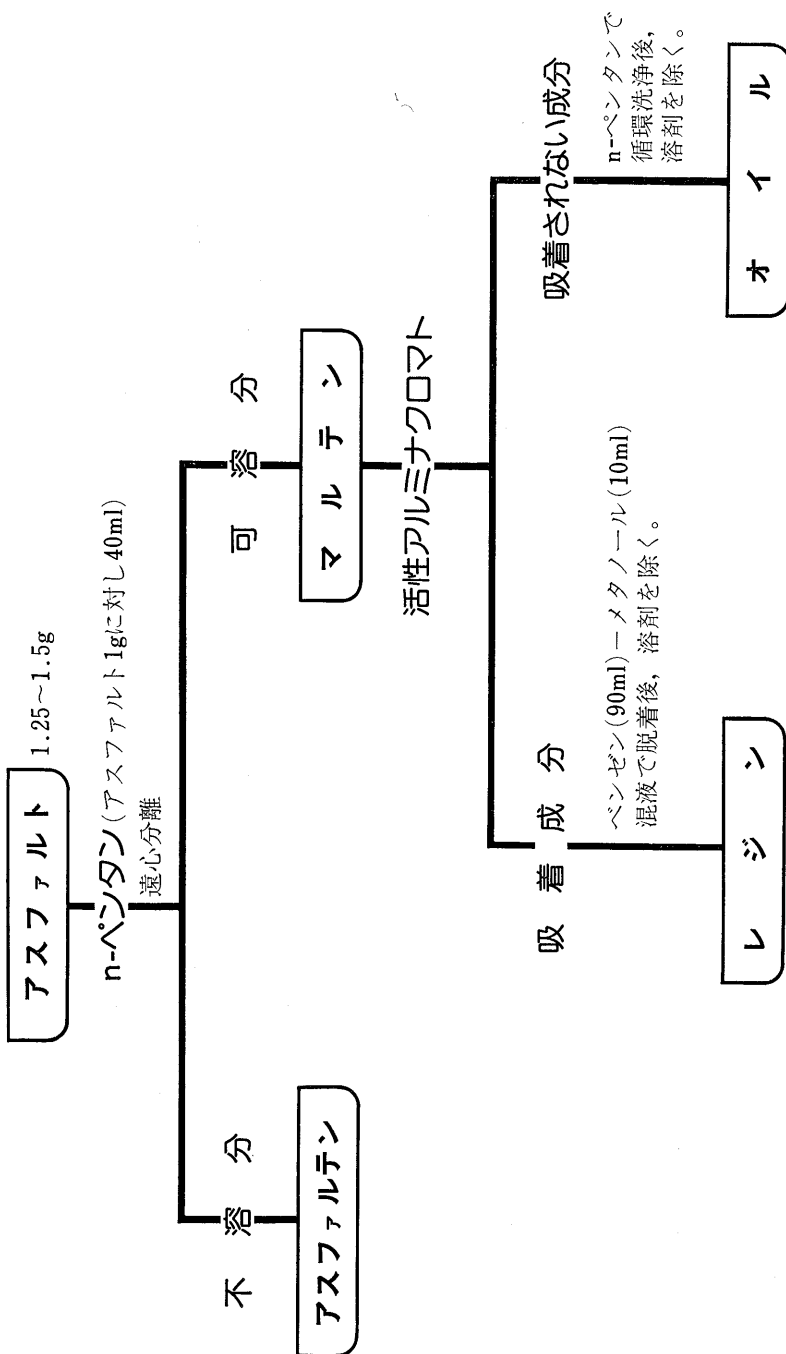
Vol. 20 No. 110

JANUARY 1977

Published by

THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION

アスファルトの組成分析法(No.1) アメリカ鉱山局(B.of M.)法



アスファルトの組成分析法(No.2)
四成分分離法

