

I S S N 0386—5878

土研資料第2204号

土 木 研 究 所 資 料

筑波1号舗装工事の手引き

昭和60年3月

建設省土木研究所

舗装研究室
化学研究室

Copyright © 1985 by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P. W. R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

筑波1号舗装工事の手引き

舗装研究室
化学研究室

要旨

重交通道路におけるアスファルト舗装の耐流動対策，寒冷地における耐摩耗対策として開発した筑波1号の設計手順をまとめたものである。

キーワード： アスファルト舗装，ゴム入りアスファルト，耐流動舗装，耐摩耗舗装

筑波1号舗装工事の手引き

第1章 総 則

この手引きは、重交通道路におけるアスファルト舗装の耐流動対策、寒冷地における耐摩耗対策を目的として開発したゴム入りアスファルト“筑波1号”を用いた舗装工事の設計手順を示すものである。

工事の計画、実施に当っては、その目的を十分達するように、以下の項目について留意しなければならない。

第1条 適用範囲

この手引きは、筑波1号を用いる舗装工事に適用する。ここに明記されていない事項については、アスファルト舗装要綱、アスファルト舗装工事共通仕様書などの他、各機関で定める土木工事共通仕様書によるものとする。

第2章 筑波1号

第2条 筑波1号

筑波1号はムーニー値^{*1}45～75、ならびにムーニー値130～160のSBRラテックスを固形分換算で約6～8%添加したプレミックスタイプのゴム入りアスファルト^{*2}である。開発目標は耐流動、耐摩耗の供用性状を表-1に示すように設定した。

これを用いて製造した混合物は、高温時の変形抵抗および低温時の摩耗抵抗が高くなるものである。^{*3}

- *1 ムーニー値はムーニー粘度ともいい未加流ゴムの粘性値であり、その値はゴムの分子量の大小に対応している。試験法の概要を付録-2に示す。
- *2 SBRは合成ゴム的一种でスチレンブタジエンゴムの略称である。アスファルトに添加する場合は、乳化重合したラテックス状のものが用いられる。アスファルト中のゴム分の定量方法は付録-3に示す。
- *3 筑波1号を用いた混合物のホイールトラッキング試験およびラベリング試験の室内試験結果の一例を付録1-(1)に示す。

表-1 筑波1号の供用性の目標

1) 耐流動・耐ひびわれ（累積大型車交通量1,000万台通過時）

項 目	性 状	個 所	現 況	目 標 水 準
耐 流 動	わだち堀れ(mm)	交 差 点 部	20①	10以下
		単 路 部	12①	6以下
耐ひびわれ	ひびわれ率(%)	—	17②	9以下

注) ①道路1981-1

②第29回建設省技術研究会報告

2) 耐摩耗（累積大型交通量100万台通過時）

項 目	性 状	個 所	現 況	目 標 水 準
耐 摩 耗	摩 耗 量(mm)	—	15③	12以下

注) ③道路1980-8（供用年数3年7ヵ月、スパイク装着率95%、S53年2月全北海道平均）

第3条 筑波1号の品質

筑波1号は均質で水分を含まないもので、表-2に示す規格に適合するものでなければならない。

表-2 筑波1号の品質基準(案)

筑波1号は均質で水分を含まないもので、次の規格に適合するものでなければならない。			
項 目		規 格 値	試 験 方 法
針 入 度 (25℃, 100 g, 5秒) 1/10mm		50~100	J I S K 2207
軟 化 点 (R&B) ℃		55以上	J I S K 2207
伸 度 (7℃) cm		50以上	J I S K 2207
タフネス (25℃) kg・cm		100以上	日本ゴムアスファルト協会基準 ^①
テナシティ (25℃) kg・cm		50以上	日本ゴムアスファルト協会基準 ^①
60℃粘度 poise		8,000以上	土木研究所基準 ^②
200℃粘度 cSt		300以下	J I S K 2207 ^③
薄膜加熱質量変化率 (180℃, 2.5時間) %		0.3以内	本四舗装基準 ^④
粘 度 比 (60℃, 薄膜加熱後/加熱前)		2以下	土木研究所基準 ^②
比 重 (25/25℃)		1.000以上	J I S K 2207

注) ① タフネス・テナシティ試験方法は、日本ゴムアスファルト協会基準で統一した試験方法に準拠する。(付録-4 参照)

② 60℃粘度は減圧毛管式粘度計で測定する。試験方法は土木研究所基準による。(付録-5 参照)

③ 200℃粘度は毛管式粘度計を用いた高温動粘度試験方法による。(付録-6 参照)
他の測定器 (B型回転粘度計, セイボルトフロール秒 等) によって測定し動粘度を算出した場合は、測定器の形式と換算式も示さなければならない。

④ 薄膜加熱試験方法は本四舗装基準と同様に180℃, 2.5時間の促進劣化で行い、装置等は J I S K 2207 に準拠する。(付録-7 参照)

⑤ 粘度比は、薄膜加熱後の60℃粘度を薄膜加熱前の60℃粘度で割った値である。試験方法は薄膜加熱試験 (付録-7) と60℃粘度試験 (付録-5) による。

〔解 説〕

筑波1号は、石油アスファルトにSBRラテックスのうち特にゴムのムーニー値を45~75ならびに130~160に調整したものを組合せ、ゴム固形分として約6~8%を添加し均一に溶解、熟成させたプレミックスタイプの高粘度ゴム入りアスファルトである。筑波1号は、タフネス・テナシティ、低温(7℃)伸度、60℃粘度および薄膜加熱前後の粘度比が優れている点に特長がある。

(1) 針入度(25℃)

筑波1号は、針入度60~80又は80~100のストレートアスファルトに特に開発されたSBRラテックスを固形分換算で約6~8%添加したものである。このため得られるバインダーの針入度は、原料アスファルトの80~85%程度に低下する。したがって針入度の下限値は50とし、上限は積雪寒冷地域

等への使用を考慮し 100 と定めた。

(2) 軟化点

軟化点は、室内ならびに工場製造実験の結果を参考にし 55℃ 以上とした。

(3) 伸度 (7℃)

60℃ 粘度、軟化点が高くなると低温性状の低下が予想される。このため、低温伸度 (7℃) の規定を設け、アスファルト舗装要綱に示めされているゴム入りアスファルト 80～100 の値 50 cm 以上を採用した。

(4) 薄膜加熱質量変化率

加熱混合時における品質変化の大きい材料を除く目的で設けたものである。数値は、ストレートアスファルトの $\frac{1}{2}$ とした。また、薄膜加熱条件は JIS K 2207 では 163℃ 5 時間の条件であるが、筑波 1 号は粘度が高いためかなり高い温度で使用されることから、現場の状況に対応した 180℃ 2.5 時間という条件とした。

また、粘度比を求める目的で薄膜加熱後の 60℃ 粘度を測定する。

(5) タフネス・テナシティ (25℃)

アスファルトにゴムを添加すると、タフネス・テナシティが増加する。その値は、使用するアスファルトの種類、添加するゴムの種類と量によって異なる。筑波 1 号では、タフネス・テナシティの増加が大きいことからアスファルト舗装要綱に示めされているゴム入りアスファルト 80～100 の 2 倍の値、タフネス 100 以上、テナシティ 50 以上とした。

(6) 60℃ 粘度

夏期における混合物の塑性変形抵抗性について品質を規定する意味から 60℃ における粘度を設けた。規格値は、ゴムを添加したアスファルトであることならびに積雪寒冷地における耐久性を考慮し、8000 ポアズ以上とした。

60℃ における粘度は減圧毛管式粘度計によって測定する。

(7) 200℃ 粘度

筑波 1 号は、タフネス・テナシティ、60℃ 粘度が大きくなる反面、高温における粘度も高くなる。したがって、混合温度の上限を規定する意味から、200℃ 粘度 (度) を 300 cSt 以下とした。動粘度は、毛管粘度計を用いて測定する。他の測定器によって動粘度を求めた場合は、測定器の形式と換算式を示すものとした。

(8) 粘度比 (60℃)

筑波 1 号は、ストレートアスファルトに比較して高温粘度が高いため貯蔵、混合時の性状変化が予想される。なかでも、過度な粘度上昇はひび割れ発生等の悪影響が考えられるので、薄膜加熱試験後の 60℃ 粘度と加熱前の 60℃ 粘度の比をストレートアスファルト並みの 2 以下に定めた。

(9) 比重 (25/25℃)

ストレートアスファルトと同一の値とした。

第4条 筑波1号の搬入と貯蔵

(1) 搬入

搬入は攪拌装置を持った専用ケトルを使うものとする。

(2) 貯蔵方法

専用ケトルをそのままプラントに設置して使用する場合は、使用期間や配管等を考慮しなければならない。また、専用ケトルから筑波1号をアスファルトタンク内に移し変える場合、タンク内には他のアスファルトが残存しないようにすると同時に攪拌装置を設置しなければならない。

(3) 貯蔵期間

貯蔵時の品質の変化を防ぐために、貯蔵期間は7日以内とする。また、貯蔵温度は160℃以下とし、混合温度への調整は混合製造直前に行うものとする。なお、その温度は180℃以下とする。

第5条 品質の確認

混合物の製造時には、専用ケトルまたはアスファルトタンク内の筑波1号を採取し、分離のないことを目視確認するものとする。なお、品質の確認は、試料1kgをサンプリングし、第3条、表-2の項目について、試験を行い記録しておくものとする。

第3章 混合物の製造

第6条 混合物の種類

筑波1号を用いる混合物は、アスファルト舗装要綱5-2に示されている基準をもとにするが、耐流動地域は密粒アスコン(20)、耐摩耗地域は密粒アスコン(20F)とすることが望ましい。

第7条 配合設計

配合設計は、アスファルト舗装要綱5-3により、骨材粒度範囲の中央を目標にマーシャル試験を行い、表-3に示す目標値を満足するアスファルト量の共通範囲の中央値を求める(図-1)。次にこの中央値およびその±0.5%のアスファルト量の混合物について耐流動地域ではホイールトラッキング試験、耐摩耗地域ではラベリング試験を各々3個行う。設計アスファルト量は、マーシャル試験とホイールトラッキング試験またはラベリング試験の結果から共通範囲を求め、その中央値をアスファルト量とする(図-2)。

試験用供試体作製時の混合、締固め温度は混合温度が190℃で、締固め温度は180℃とする。

表-3 混合物の目標値

項 目		目 標 値
マ ー シ ャ ル 試 験	空 げ き 率	% 3～5
	飽 和 度	% 75～85
	安 定 度	kg 750以上
	フ ロ ー	1/10mm 20～40
	水浸残留安定度	% 80以上
ホイールトラッキング試験	動的安定度(60℃, 6.4 kg/cm ²)回/mm	2,000～6,000
ラベリング試験	6H摩耗量 ^① (cm ²)	1.0以下

注① 6Hの摩耗量は、土木研究所基準によるもので、他の試験機、試験方法による場合はストアスの8割以下とする。

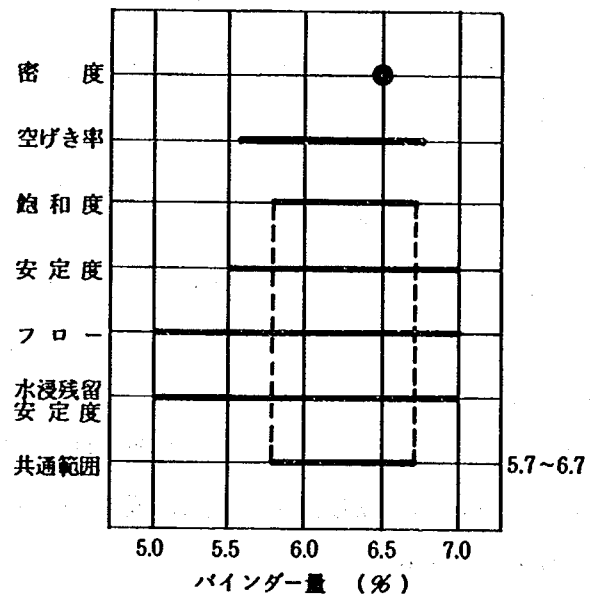
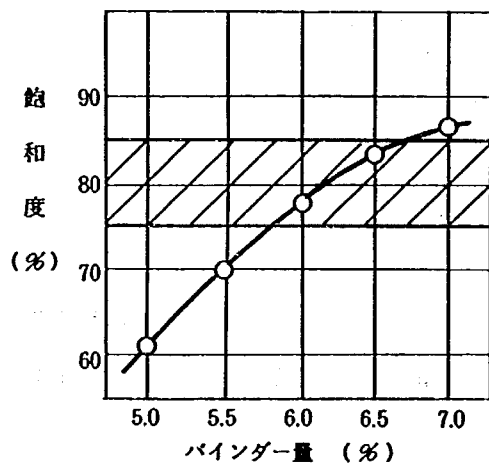
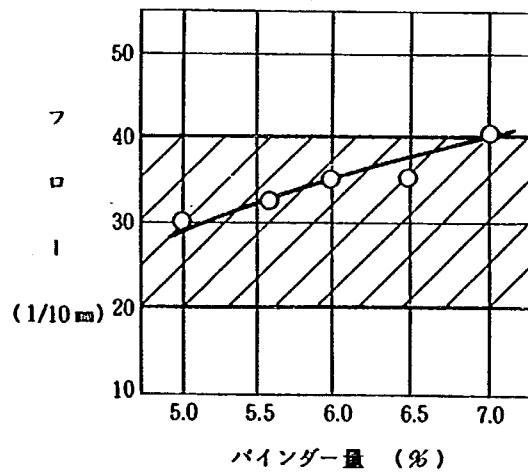
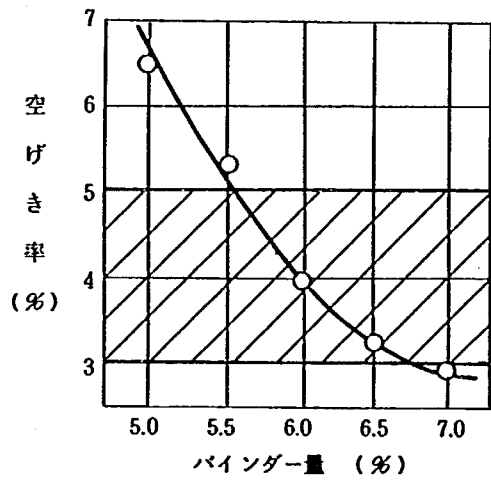
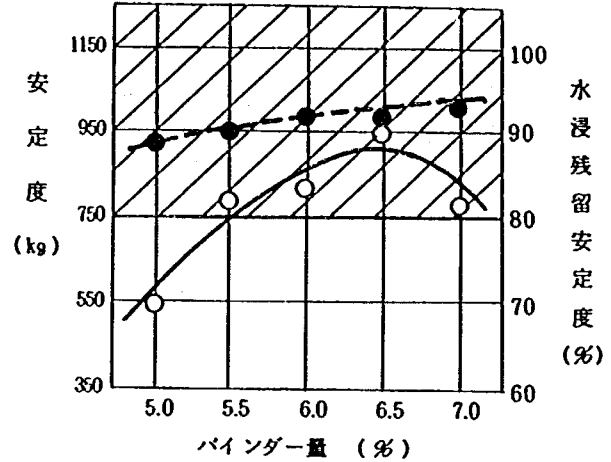
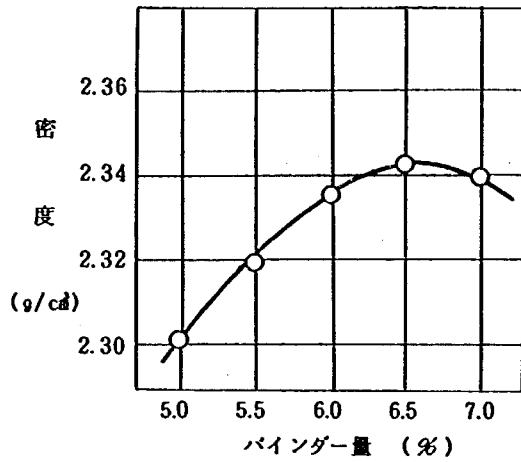


図-1 マーシャル試験結果の1例

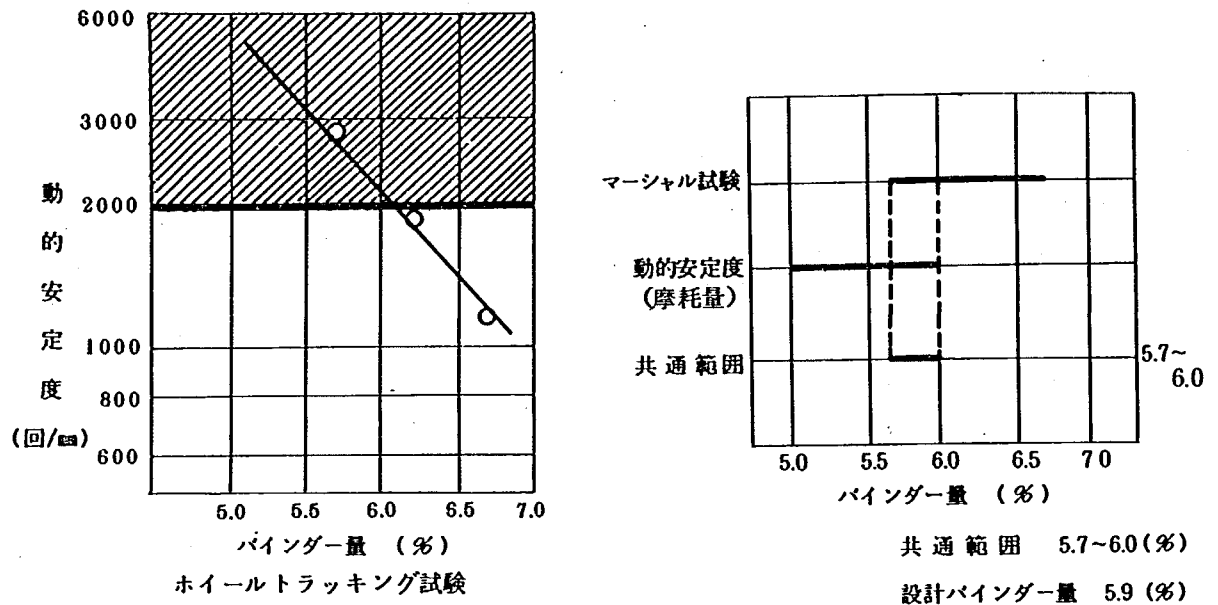


図-2 混合物試験結果の1例

第8条 現場配合

舗設に先立って、室内試験で決定した配合の設計アスファルト量および設計アスファルト量 $\pm 0.3\%$ にアスファルト量を変化させて、混合物を実際に製造する混合所で試験練りし、その混合物についてマーシャル試験、ホイールトラッキング試験、またはラベリング試験を各々3個行う。

その結果をもとにして、現場配合を決定するが、室内とプラントでは練り上り状態が異なるので、現場配合のアスファルト量は、室内試験の設計アスファルト量における空げき率となるように決定する。

第9条 混合温度

混合温度は $185\pm 5^{\circ}\text{C}$ を原則とする。^{*1} 混合物を加熱しすぎないように温度管理には十分注意しなければならない。また混合物排出時に、トラック上で温度を測定し、報告するものとする。

^{*1} 一般に混合温度はアスファルトの温度-粘度曲線から求めるが、筑波1号の混合温度はこれより求めると 200°C 以上となり、アスファルト舗装要綱に示されている混合温度の上限 $185\pm 5^{\circ}\text{C}$ を上回る。ここに決めた混合温度は室内試験、ならびに試験舗装の結果から決定したものである。なおアスファルトの加熱温度は 180°C 以上に上げず、混合温度は骨材の加熱温度で調整する。

混合時間は通常のストレートアスファルト+5秒（ドライ5秒、ウェット40秒）を標準とする。ただし、特殊な粒度による混合物を使用するような時は、別途指示に従わなければならない。

第10条 運搬

混合物の運搬に当っては、十分な保温処置をほどこして運搬するものとする。長時間にわたる運搬や現場においての待ち時間が長くなる場合、混合物の温度低下などによる性状変化がおこることがあるので、注意する必要がある。

したがって、運搬に先立って舗設現場の位置、施工条件、施工能力などについて、現場と十分な打ち合わせを行う必要がある。

第4章 舗 設

第11条 転 圧

舗設に当っては、通常のストレートアスファルトよりも高い温度が必要となるので、転圧温度の管理には特に注意し、速やかに締固めなければならない。初転圧温度は、160～180℃を標準とする（付録1-（2）、（3）参照）。転圧機械ならびに転圧回数は、初転圧マカダムローラ、または、タンデムローラ（8t以上）2往復、二次転圧はタイヤローラ（15t以上）7往復、仕上げ転圧はマカダムローラ、または、タンデムローラ（8t以上）2往復を目安にすると良い。また、2次転圧の際、タイヤローラの付着防止のためのタイヤに軽油を撒布しなければならない。なお、混合物の温度低下が著しく、締固め度が得にくい場合は初転圧に振動ローラを用いるとよい。

第12条 継 目

継目はホットジョイントとすることが望ましい。コールドジョイントの場合でもできるだけセミホットジョイントとなるよう舗設計画を立てるか、またジョイント部にタックコートをほどこし、さらに加熱しながら十分締固め、密着させるようにしなければならない。

第5章 交通解放

第13条 交通解放

交通解放は、舗装の温度が60℃以下で行うことを原則とする。

第6章 出来形および品質の管理と検査

第14条 出来形および品質の管理

本工事における出来形および品質の管理は、アスファルト舗装要綱の方法に従って行うものとする。ただし、コアによる密度は、表層で基準密度の98%以上、基層で基準密度の97%以上とする。

第15条 検 査

本工事における検査は、各機関が定める検査方法によるものとする。ただし、締固め度の合格判定値は表-4による。

表-4 締固め度（%）の合格判定値

工 種 \ 項 目	$\bar{X}_{10}$	$\bar{X}_6$	$\bar{X}_3$
基 層	97 以上	97 以上	97.5 以上
表 層	98 "	98 "	98.5 "

第7章 調 査

第16条 事前調査

工事の施工に先立って別途選定条件に定める事前調査を行うこととする。

第17条 施工時の調査

第6章で規定した出来形および品質管理の他に、目的に応じて次の試験を行うものとする。

(1) ホイールトラッキング試験またはラベリング試験

工事中間段階において、ミキサーから排出された直後の混合物について、供試体を3個作製し試験を行うものとする。

(2) 筑波1号の採取

混合物製造時に、専用ケトルまたはアスファルトタンクより保存用試料を約15 kgを採取し保存する。

(3) コアの採取

品質管理用のコアのほかに、舗設後にコア3個を採取し、アスファルトを回収し性状を調査する。

第18条 追跡調査

追跡調査は、以下に示す要領に従って行うものとする。

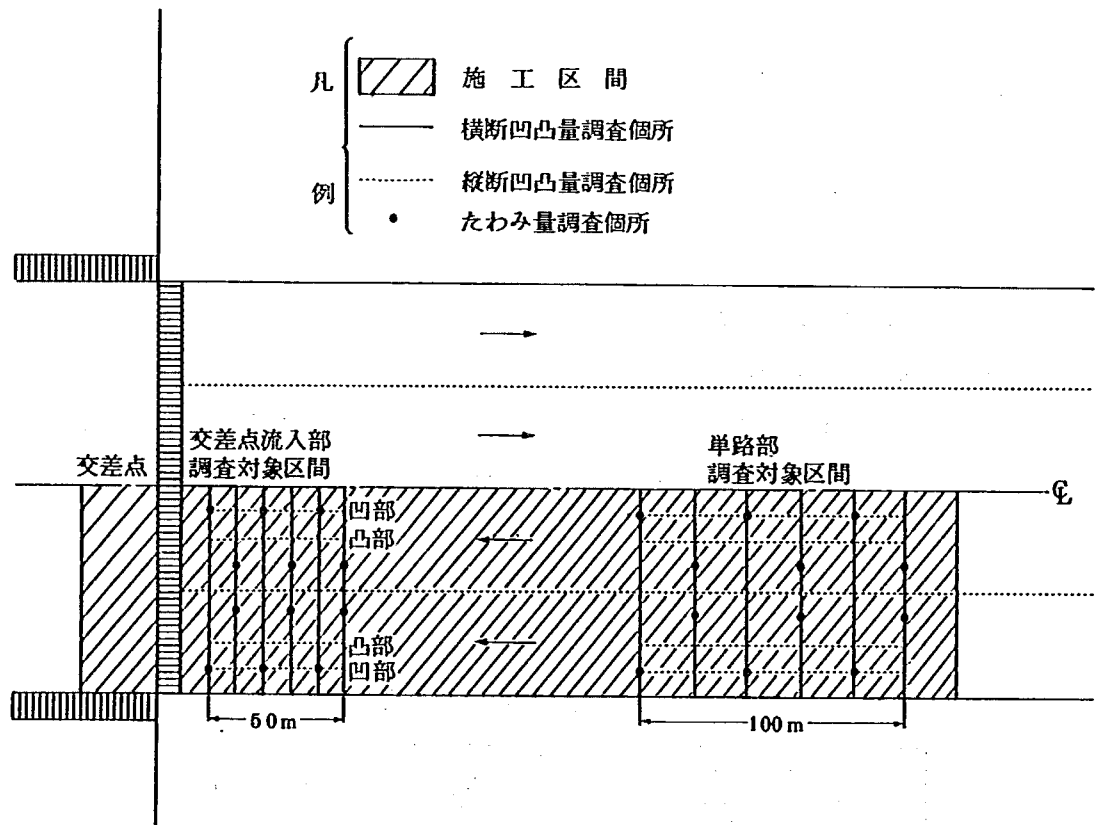


図-7 調査対象区間および調査箇所（片側2車線の例）

(1) 調査区間の設定

追跡調査は交差点流入部と単路部に分けて行うこととする。

交差点流入部は交差点の手前50m区間とし、また単路部は交差点流入部および渋滞長区間を除く100mを調査区間とする。

(2) 標識の設置

調査対象区間（図-7）は、起点、終点には真鍮鋸を、また各測定位置には測定ピンを用いて標示すること。

(3) 調査項目および方法

① 横断凹凸量調査

交差点流入部は起点より、10m間隔で計6個所について、また単路部は20m間隔で計6個所について、各々横断凹凸量を図-8に示すように測定し、車線ごとに、12個のデータを測定する。12個のデータのうち最大値を最大わだち掘れ量とし、平均値を平均わだち掘れ量とする。12個のデータの標準偏差（ $\sqrt{V}$ ）を計算する。

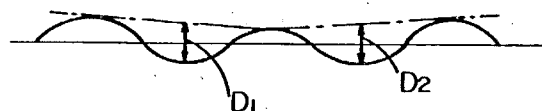


図-8 わだち掘れの測定（1車線の例）

② ひびわれ率調査

調査対象全区間について行う。

全区間について、縦断 1/200、横断 1/20 のスケッチのひびわれ状況図を作成し、ひびわれ率を求める。ただし、ひびわれ率はひびわれ発生個所の面積（線状クラックは幅 30 cm として算出）を全調査面積で除して求める。

③ たわみ量調査

ベンケルマンビームによるたわみ量の測定は、交差点流入部においては 1 車線当り 10m 間隔で 6 測点、単路部については 1 車線当り 20m 間隔で 6 測点とする。

横断上の測点位置は、外側線より内側 80 cm のところで、ちどりに選択して測定する。

なお、たわみ量測定時の気温、路面温度についても測定する。

④ 縦断凹凸量調査

1 車線あたり、外側わだちの凹部（わだち部）と中央の凸部（非わだち部）の 2 測線について測定する。

表-5 交通量調査項目

⑤ 交通量調査

交通量調査は表-5のとおり行うものとする。

対象地域	大型車交通量	全車交通量	スパイク装着率
耐流動地域	○	-	-
耐摩耗地域	○	○	○

注) 大型車交通量と全車交通量は 24 時間 1 方向
スパイク装着率は全車調査を行なうものとする。

(4) 調査項目と頻度

追跡調査は、表-6に示す項目および頻度で行うものとする。

(5) 調査データの整理

調査データの整理は、表-8に従って行うものとする。

修繕工事においては、既設舗装の舗装構成、材料、たわみ量およびひびわれ、わだち掘れ量等の路面性状について、事前にデータを整理しておく必要がある。

ストレートアスファルトを用いる区間についても、第18条に示すように調査区間を設定し、筑波1号と同様な調査を行うものとする。

表-6 追跡調査項目と頻度

項 目	方 法	年 度 ^①					
		事 前	直 後	10月	1カ年	2カ年	3カ年
たわみ量	ベンケルマンビームによる 復元たわみ量輪荷重5t	○	○			○	○
ひびわれ率	発生位置対応スケッチ	○			○	○	○
縦断凹凸	3mプロフィールメータにより σ mmを求める		○	○	○	○	○
横断凹凸	横断プロフィールメータによる わだち掘れ量 (最大, 最小, 平均, $\sqrt{v}$)	○	○	○	○	○	○
路面観察 ^②	評価員による路面観察		○	○	○	○	○
大型車交通 ^③	四季観測データによる		○		○	○	○
アスファルトコア	コア採取 $\phi=10$ cm		○				○

注① 最初の1年は5月、10月。2年目以降は温暖地域は10月、
積雪寒冷地は5月、10月の2回定期調査をする。

② アスファルト舗装表面の観察記録表(表-6)によって行う。

③ 交通情勢調査のデータによる。

表-7 アスファルト舗装表面の観察記録表

16

試験舗装名		試験舗装		大型車の交通状況							判定欄	
調査年月日		昭和 年 月 日		非常に多い(何台も連らなっておる)							C	
調査者氏名		判定欄の適当と思われるものに○印をつける。		普通車5台に1台の割合でとおる。							B	
記入要領		舗装の種類(区間番号)		少ない(時々とおる程度)							A	
調査事項		調査内容										
1) 表面のさめ		非常に粗い。		D	D	D	D	D	D	D	D	D
		粗い。		C	C	C	C	C	C	C	C	C
		骨材が少し浮きでている。		B	B	B	B	B	B	B	B	B
		平滑である。		A	A	A	A	A	A	A	A	A
(2) 表面の均一性		良い。		A	A	A	A	A	A	A	A	A
		ややむらがある。		B	B	B	B	B	B	B	B	B
		むらがある。		C	C	C	C	C	C	C	C	C
(3) アスファルト量の過、不足の程度		フラッシュしているところが多い。		E	E	E	E	E	E	E	E	E
		ところどころフラッシュしている。		D	D	D	D	D	D	D	D	D
		フラッシュすると思われるところがある。		C	C	C	C	C	C	C	C	C
		全くフラッシュのおそれがなく適度の黒色を呈している。		B	B	B	B	B	B	B	B	B
		乾いた表面でやや褐色を呈している。		A	A	A	A	A	A	A	A	A
(4) すべりやすさ		すべりにくいと思われる。		C	C	C	C	C	C	C	C	C
		中間的なものと思われる。		B	B	B	B	B	B	B	B	B
		すべりやすいと思われる。		A	A	A	A	A	A	A	A	A
(5) 変形とワダチボレ		車両のわだち跡や変形が著しい。		C	C	C	C	C	C	C	C	C
		車両のわだち跡や変形がいく分認められる。		B	B	B	B	B	B	B	B	B
		車両のわだち跡や変形がない。		A	A	A	A	A	A	A	A	A
(6) はがれとポットホール		はがれやポットホールが多い。		C	C	C	C	C	C	C	C	C
		はがれやポットホールがある。		B	B	B	B	B	B	B	B	B
		はがれやポットホールがない。		A	A	A	A	A	A	A	A	A
(7) 混合物のマモウ		マモウが著しい。		C	C	C	C	C	C	C	C	C
		マモウが認められる。		B	B	B	B	B	B	B	B	B
		マモウが認められない。		A	A	A	A	A	A	A	A	A
(8) ヒビワレ	線 状	非常に多い。		C	C	C	C	C	C	C	C	C
		わずかにある。		B	B	B	B	B	B	B	B	B
		全く見られない。		A	A	A	A	A	A	A	A	A
	網 状	0		A	A	A	A	A	A	A	A	A
		0~5%		B	B	B	B	B	B	B	B	B
		5%~10%		C	C	C	C	C	C	C	C	C
		10%~20%		D	D	D	D	D	D	D	D	D
		20%~50%		E	E	E	E	E	E	E	E	E
		50%~100%		F	F	F	F	F	F	F	F	F
(9) 舗装表面の総合的評価		全く欠陥が認められない(良)		A	A	A	A	A	A	A	A	A
		いくぶん欠陥があるが良好とみなされる。		B	B	B	B	B	B	B	B	B
		欠陥は多いが修繕を要しない。		C	C	C	C	C	C	C	C	C
		簡単な修繕を要する(パッチング、部分的シールコードなど)		D	D	D	D	D	D	D	D	D
		大規模な修繕を要する(オーバーレイ、打替えなど)		E	E	E	E	E	E	E	E	E

(注) 横断ジョイント部分の前後各約1メートルは観察の対象外とする。

表-8

工事事務所名		路 校 名		施工年月日	
工 区					
ア ス フ ォ ルト の 種 類 性 状	原	針 入 度			
		軟 化 点 (R&B)			
		伸 度 (7℃)			
		ダ フ ネ ス (25℃)			
		テ ナ シ テ イ (25℃)			
		粘 度	60℃ Poise		
	ス		200℃ cSt		
		比 重 (25 25℃)			
		粘 度 比 60℃			
		薄 膜 加 熱 質 量 変 化 率			
		調 査 年 月 日			
		回 収	針入度 (25℃)		
	軟化点 (R&B) °C				
	60℃ 粘度 Poise				
混 合 物 の 種 類 性 状	種 類 (表層・基層ごとの種類)				
		粒 径	2.5 mm 透過量 %		
		0.6	・		
		0.074	・		
	骨材の種類	粗 骨 材			
		細骨材、填充骨材			
		アスファルトの配合			
	実 験	設計アスファルトの配合			
		OAC %			
		S.F. S/F			
	試験	空けき率 %			
		VMA %			
DS 回/mm					
本 工 品 質 管 理	空けき率 %				
	S.F. S/F				
	DS 回/mm				
現 場 切 取 供 試 体	アスファルト				
	粒 径	2.5 mm 透過量 %			
	0.6	・			
	0.074	・			
供 用 性	調 査 年 月 日	最大			
		平均			
		$\sqrt{V}$			
	縦断凹凸	わだち部 σ			
		非わだち部 σ			
		ひびわれ率 %/調査区間面積 m ²			
舗 装 構 成 条 件	たわみ量 mm/路面温度 °C				
	新設、打換、オーバーレイの区別				
	切土盛土の別、橋面 (コンクリート) 路 床 CBR				
道 路 環 境	交 通 量	大型車交通量 台/日・方向			
		車 線 数 (片側)			
		交差点単路部の別			
	施工場所	日照、日陰の別			
		平面線形 (直線、曲線の別)			
		縦断勾配 %			
備 考	調 査 年 月 日				
	全体的な目視の特徴 (主なひびわれが出ている位置) (ジョイント開きの有無) 施工条件 (Hot Joint 有)				

付 録

付録－1 室内試験結果

付録－2 ムーニー値（ムーニー粘度）

付録－3 ゴム入りアスファルト中のゴム分の定量試験方法

付録－4 タフネス・テナシティ試験

付録－5 60℃粘度試験

付録－6 200℃粘度試験

付録－7 薄膜加熱試験

付録－8 ゴム入りアスファルトに関する室内実験

— SBRを用いた筑波1号の開発 —

付録－9 ゴム入りアスファルトを用いたアスファルト混合物の施工性

— SBRを用いた筑波1号の転圧実験 —

室内試験結果

(1) 混合物の種類とWT, ならびに摩耗量の関係

表-1はOACにおける混合物の種類とWT, ならびに摩耗量の関係を示したものである。

表 - 1

	アスファルトの種類	O.A.C	動的安定度	摩耗量
密粒アスコン (20)	ストレートアスファルト	5.1	1400	1.35
	筑波 1 号	5.1	6310	0.97
密粒アスコン (13)	ストレートアスファルト	5.8	710	1.37
	筑波 1 号	5.7	3510	0.86
細粒ギャップ (13F)	ストレートアスファルト	6.6	240	1.48
	筑波 1 号	6.5	3550	0.91

注) 供試体の締固め度は100%, 摩耗量は6時間後とした。

摩耗に対してはアスコンの種類による差は見られないが、流動に対しては骨材の最大粒径の大きい方が良い傾向を示している。

(2) 各種バインダーを用いた混合物のOACにおける密度

図-4は190℃で締固めた密度を示したものであるが、ストレートアスファルト(締固め温度148℃)と比較するとストアスの-0.1~+0.4%内にある。したがって通常のストレートアスファルトを用いた混合物の初転圧が110~140℃で行われることを考慮すると、初転圧は160~180℃とかなり高い温度で舗設することが必要となる。

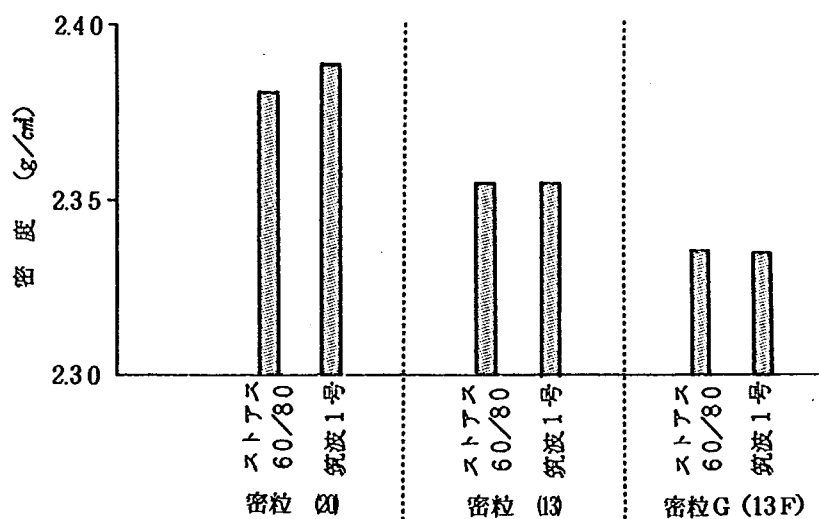


図-4 OACにおける密度(マーシャル75回×2, 締固め温度: ストアス60/80, 143℃, 筑波1号190℃)

(3) 混合物の締固め度と動的安定度、摩耗量の関係

図-5, 6は締固め度と動的安定度ならびに摩耗の関係を示したものであるが、ストアスに比較して、締固めの影響を受けやすいことが分る。したがって転圧は品質目標値に定めた締固め度が得られるように十分行う。

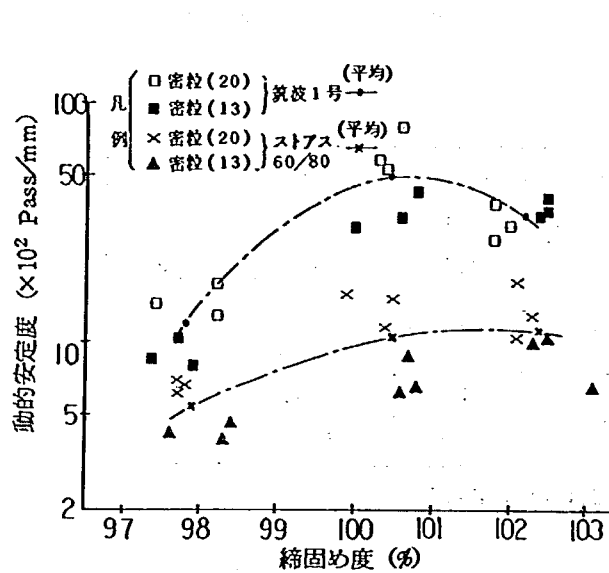


図-5 筑波1号とストアス60/80を使用した混合物の締固め度と動的安定度の関係 (バインダーOAC)

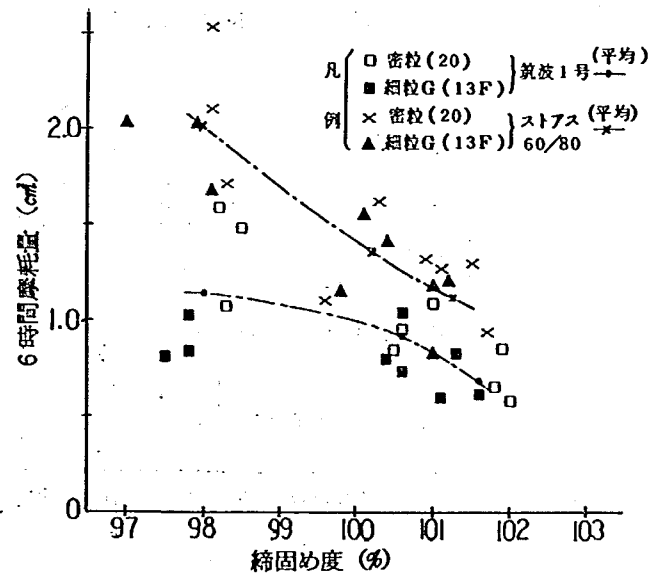


図-6 筑波1号とストアス60/80を使用した混合物の締固め度と6H摩耗量の関係 (OAC, -10℃チェーン)

ムーニー値 (ムーニー粘度)

1. 概 要

ムーニー値はムーニー粘度とも言われ、ゴム片に埋め込まれたローターを回転させた時、ゴムの粘性によりローターのシャフトにトルクが生じ、このトルクをムーニー単位で表わしたものである。ムーニー粘度はゴム工業においてはゴムの可塑性の尺度として盛んに使われており、加工性に対する最も重要な指標の1つで、一般にゴムの分子量の増大と共に上昇する。SBRの場合の粘度平均分子量 ($\bar{M}_v$) とムーニー粘度 (ML_4) の関係は図1に示すデータが得られている。

SBRのムーニー粘度の試験方法は JIS K 6383, K-6300 に規定されているが、試験装置試験方法などについて以下に述べる。

2. 試験装置

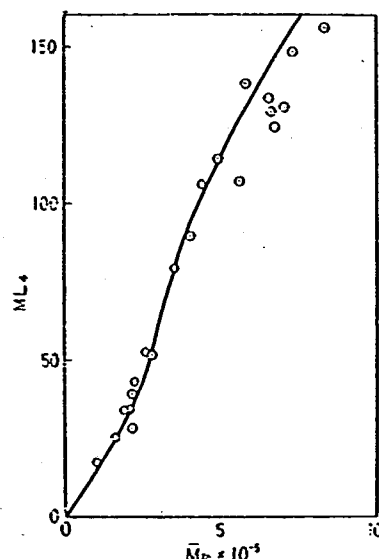
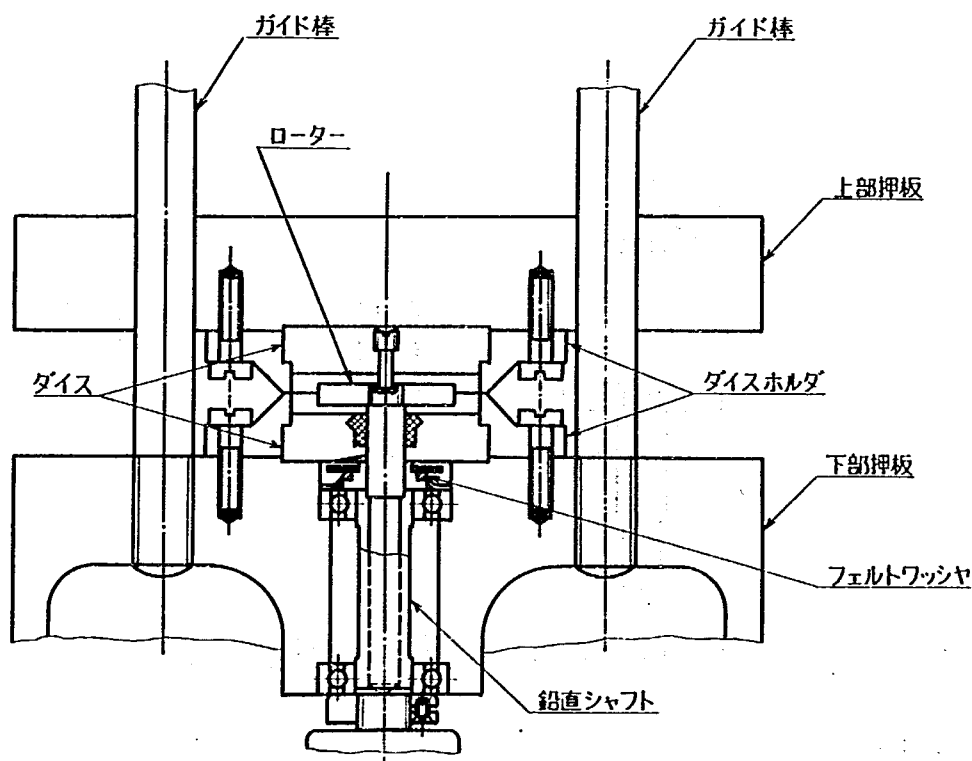
図1 SBR試料の ML_4 の分子量依存性

図2 ムーニー粘度計主要部分の一例

この試験に用いる粘度計（一般にムーニー粘度計という）は、電動機によって駆動されるゴム粘度測定用のローターと、試験片及びローターを内包する中空の円筒形ダイス及びローターを回転させるために必要なトルクを指示する装置、ダイスを一定温度に保つために要する加熱装置と温度制御装置とによって構成され（図2参照）、各部はそれぞれ次の条件をみたすものでなければならない。

2.1 ローター

ローターには、大ローター（以下L形という）と小ローター（以下S形という）との2種類があって、いずれも摩耗及び腐食しにくい鋼でつくられ、その表面には試験片とのすべりを防ぐためのみぞを設ける。^{*1} L形ローターの大きさは、みぞの頂上からはかって直径 $38.10 \pm 0.03 \text{ mm}$ 、厚さ $5.54 \pm 0.03 \text{ mm}$ とする。S形ローターの大きさは、みぞの頂上からはかって直径 $30.48 \pm 0.03 \text{ mm}$ 、厚さ $5.54 \pm 0.03 \text{ mm}$ とする。ローターを試験機の正規の位置にとりつけたとき、密閉されたダイス中空部でローターとダイスとの間の上下の空げきが 0.25 mm 以上異なってはならない。

また、その位置で回転させたときの偏心は、 0.013 mm 以下とする。

*1 すべりを防ぐためのみぞの形状及び寸法は、次のとおりとする（図3参照）。

- a 形状：角形みぞ
- b 寸法：幅 $0.75 \sim 0.80 \text{ mm}$ 、深さ $0.25 \sim 0.50 \text{ mm}$ 、刻み間隔 $1.5 \sim 1.6 \text{ mm}$ 。
- c 刻みかた：上下面は、角度が 90° 交さ、いげた状、周囲は外接歯車状。

なお、ローターの中心には直径 5 mm 、深さ $0.60 \sim 0.70 \text{ mm}$ のセンターピン用座ぐりをつける。

単位 mm

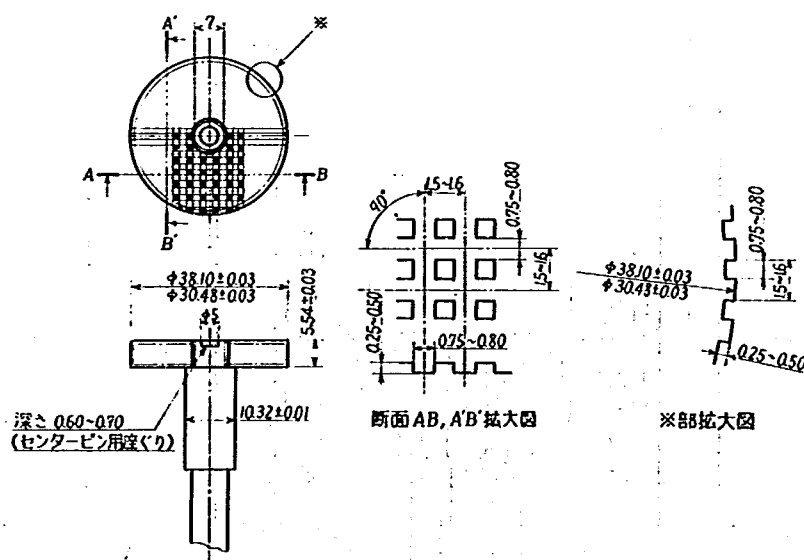


図3 ローター及び角形みぞの形状・寸法

2.2 ダイス

ダイスは摩耗及び腐食しにくい鋼でつくられ、1組のダイス及びダイスホルダーによって円筒形の空間（ダイス中空部、図4参照）を形づくる。ダイスの中空部に向いた表面は、試験片とのすべりを防ぐ

ためのみぞを設ける。^{*2}

中空部の大きさは、ダイス面の頂上からはかって直径 50.93 ± 0.13 mm、深さ 10.54 ± 0.13 mm とする。

*2 ダイスの形式は、次の3形式のうちいずれでもよい。

- a 4ピースV形みぞダイス (図5 A)。ダイスV形みぞでダイスホルダーは角形みぞ。
 - b 2ピースV形みぞダイス (図5 B)。ダイスとダイスホルダーは一体でダイスはV形みぞ。
 - c 4ピース角形みぞダイス (図5 C)。ダイス、ダイスホルダーともに角形みぞ。
- 角形みぞの寸法及び刻みかたは、 2.1×1 と同様にするが周囲の刻みかたは内接歯車状とする。

V形みぞの形状、寸法、刻みかたは、次のとおりとする (図6 参照)。

(i) 形 状：V字形

(ii) 寸 法：幅 $0.75 \sim 1.25$ mm、長さダイスの中心から 3.5 mm のところから周に向かって 20 mm、角度 90°

(iii) 刻みかた：ダイス中心から放射状、刻みの角度 20° (円周に18本)。

なお、上方のダイスの中空部表面中心には、直径 3 mm、突出長さ 3 mm のセンターピンをつけ、下方のダイスの中空部表面中心には、直径 $10.34^{+0.01}_0$ mm の穴をあける。

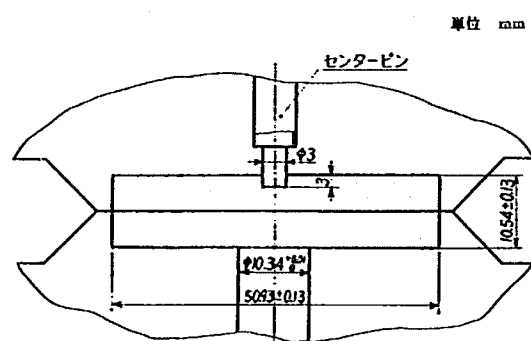


図4 ダイス中空部

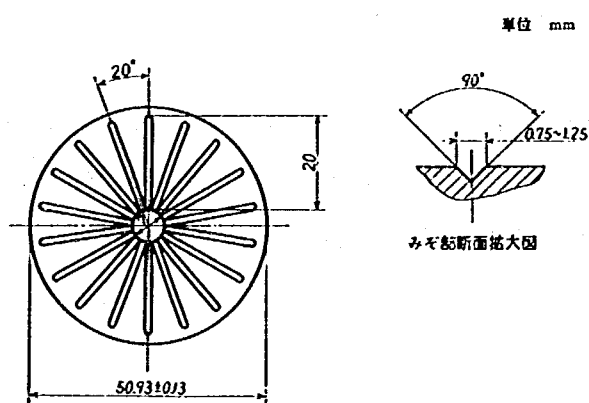


図6 V形みぞの形状・寸法

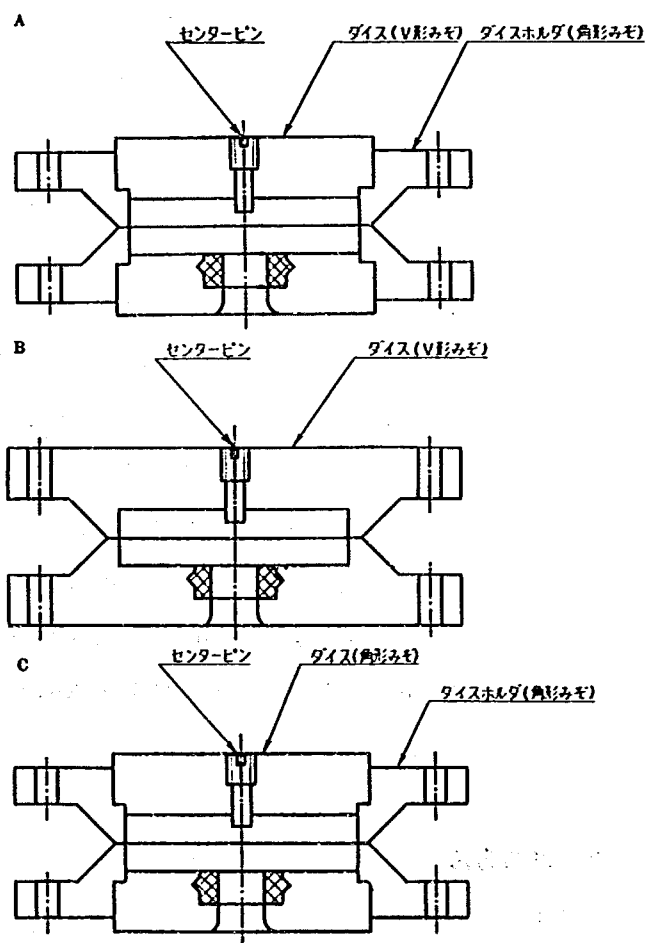


図5 ダイスの形式

2.3 ローターの駆動装置

ローターの駆動装置は、 200 ± 0.02 rpmで駆動できるような装置でなければならない。

2.4 加熱及び温度制御装置

加熱装置は1組のダイスの温度を同一にし、また試験中一定に保つことのできる装置で、ダイスの温度^{*3}を ± 1 deg以内に制御することのできる適当な温度制御装置を備えていなければならない。

*3 3.4 試験温度の項参照

2.5 ダイスの密閉装置

試験機には、試験中ダイス中空部を密閉した状態^{*4}に保ちうる適当な装置を備えていなければならない。

*4 密閉した状態とは、ダイス周縁部あるいはダイスホルダーの相合する表面間にそう入した厚さ0.04 mm以下の薄い紙（又はセロハン）に均一なみぞあとが残るような状態をいう。

2.6 トルク装置

試験機には、ローターのシャフトに作用するトルクをムーニー単位（以下Mという）で指示あるいは記録する装置^{*5}を備えていなければならない。また、この指示（あるいは記録）装置は、適当な期間を経るごとに検査しなければならない。^{*6}

*5 トルク指示（あるいは記録）装置は、次のような条件を備えていなければならない。

- a ムーニー単位：トルクが $84.6 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$ ($8.30 \text{ N} \cdot \text{m}$)のときを100単位(M)と呼び、トルクとMとの関係は直線的である。
- b ひょう量：200 M
- c 目盛：0～100，0～200の間を100等分目盛とする。
- d 空転時のふれ：0点から ± 0.5 Mの範囲とする。

*6 トルク指示（あるいは記録）装置の検査は、次のようにして行う。

ローターのシャフトに作用するトルクが $84.6 \pm 0.2 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$ ($8.30 \pm 0.02 \text{ N} \cdot \text{m}$)になるようにつくられたトルク検査用ローターに滑車を介して J I S G 3522（ピアノ線）に規定するピアノ線A種線径0.45 mmのものを接続し、その一端にトルク検査用のおもりをつりさげて検査する。

検査にあたっては、ダイスの温度を試験温度に上げてトルク検査装置を設置したのち、ローターを2 rpmの速さで回転する。このとき、トルクがない場合の指示装置の読みは 0 ± 0.5 で、トルクが $84.6 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$ ($8.30 \text{ N} \cdot \text{m}$)のとき、 100 ± 0.5 でなければならない。

3. 試験方法

3.1 試験片

試験片は、直径約45mmでダイス中空部を完全に満たすのにじゅうぶんな厚さをもつ円板状の試料ゴムで、中心に直径約10mmの穴をあけた1個を含む2個を1組とする。

試験片は、できるかぎり内部に空気を含まないようにつくられ、又ダイス及びローターの表面に空気を残すようなポケットがないものでなければならない。

備考 同じ試料のムーニー粘度の値でも試験片の作製方法によって異なるから、同種のゴム間でムーニー粘度の比較を行う場合、あるいはある種のゴムについてムーニー粘度の値を規格に定める場合には、試験片の作製方法を規定しなければならない。

3.2 試験片の取り付け

ローターを取り付けたままダイス中空部を試験温度に加熱し、温度が安定したのちダイスを開き、速やかにローターをとりだして1組の試験片のうち穴のあいた1個にローターのシャフトを通してから、再びローターを取り付ける。次いで試験片の残り1個をローターの上にのせて、すばやくダイスを閉じる。

3.3 ローター

ローターは原則としてL形を用いるが、粘度が100 Mを超えるものについてはS形を用いることができる。また、粘度の低いゴムあるいは粘着性ゴムの試験を行う場合は、試験終了後に試験片の取りはずしが容易なように試験片と金属とが接する面に、厚さ約0.03mmのセロハンを使用することができる。

3.4 試験温度

試験温度は原則として、 $100 \pm 1^\circ\text{C}$ とする。ここに試験温度とはダイスの温度をいう。ダイスの温度が測定しにくいときは、次のような方法で測定した温度をダイスの温度に代用することができる。すなわち、ローターを取り付けたままダイスを閉じ、加熱及び温度制御装置をはたらかせたとき、図7に示す距離のところで適当な方法により温度を測定し、その温度が一定状態になったときを読みとる。

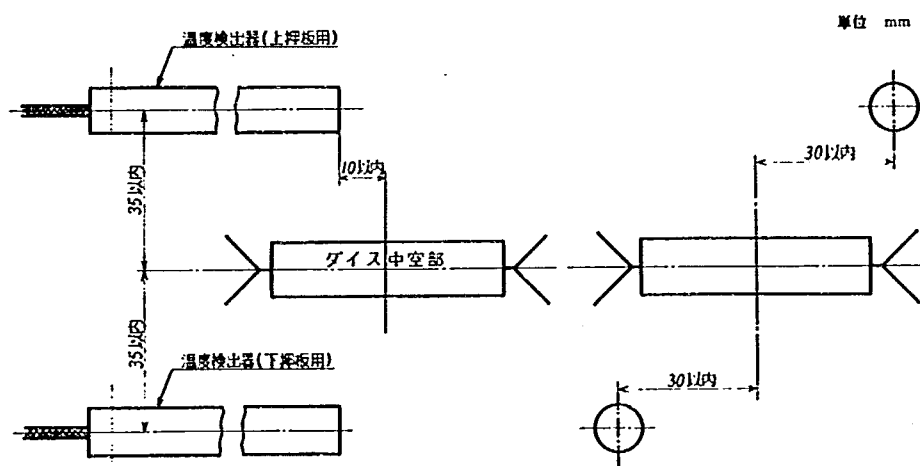


図7 試験温度測温場所

3.5 測定

3.2によってダイスを閉じた時刻を記録し、その後原則として1分間試験温度で予熱する。予熱終了

後直ちにローターを回転させ、原則として4分間の回転で試験を終わる。

ゴムのムーニー粘度は試験終了前、30秒間のMの最低値をとる。

4. 試験結果のまとめ方

試験成績は、原則として1組の試験片のMで表わす。数組の試験片の場合は、それらの平均値で表す。

5. 記 録

試験成績には、次のことがらを記録しなければならない。

- (1) ムーニー粘度
- (2) ローターの形別
- (3) 予熱時間
- (4) ローターの作動時間
- (5) 試験温度
- (6) ダイスの形式
- (7) その他必要事項

備考 試験成績は、通常次のように表される。

例：50ML 1+4 (100℃)

ここに50Mはムーニー粘度を、Lはローターの形別でL形を、1+4は、予熱時間の1分とローターの作動時間4分を、(100℃)は試験温度の100℃をそれぞれ表している。

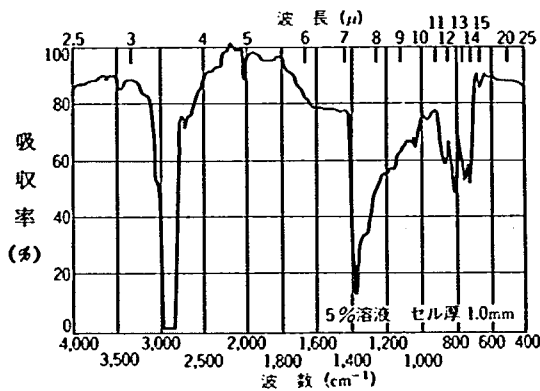
ゴム入りアスファルト中のゴム分の定量試験方法

1. 概要

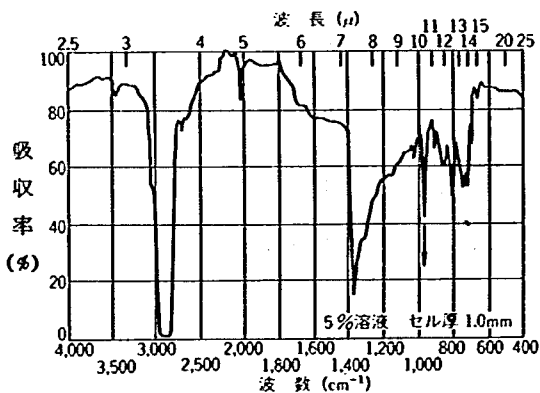
ゴム入りアスファルト混合物の性状はゴムの種類や添加量によって影響されるので、ゴムが所定量添加されていることを定量的に把握できるようにしておくことが望ましい。

SBRの場合は赤外分光分析によりある程度定量的に測定することが可能である。これはゴム入りアスファルトを溶剤に溶かし赤外線吸収スペクトルをとると図1に示すようにストアスのスペクトルでは現れない吸収帯が波数 965 cm^{-1} にみられる。この吸収帯に着目して定量しようとするものである。

この試験方法のフローチャートを図-2に示す。



(1) ストレートアスファルトのスペクトル



(2) SBR 5%添加アスファルトのスペクトル

図1 ストアスおよびSBR添加アスファルトの赤外線吸収スペクトル

2. 試験装置

2.1 赤外分光光度計

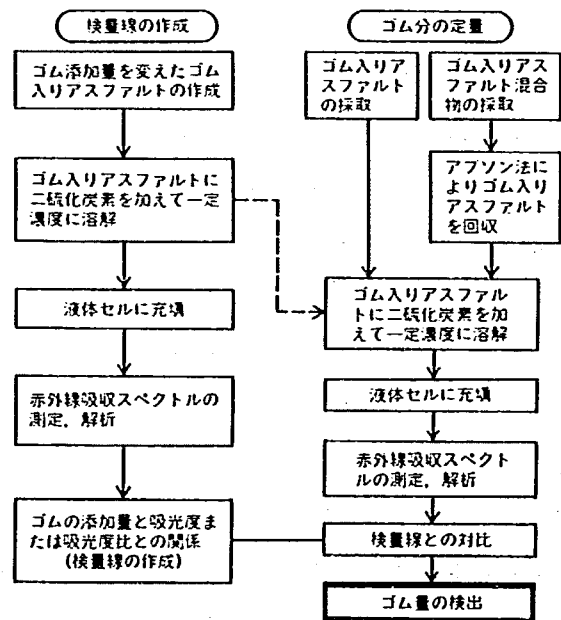


図2 試験方法のフローチャート

市販品を使用する。その一例を写真1に示す。試験溶液を充填する液体セルを写真2に示す。このセルの充填厚は0.2～1.0 mm程度である。

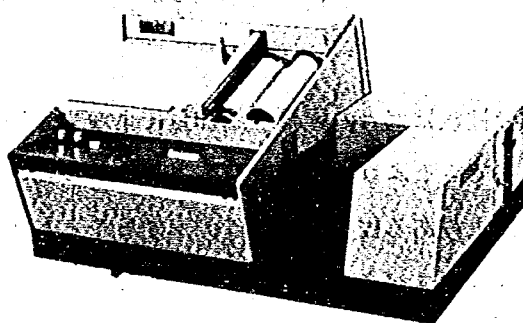


写真1 赤外分光光度計



写真2 液体セル

2.2 ゴム入りアスファルト作成装置一式

1) 恒温浴そう：200℃まで十分使用可能で設定温度 ± 1 ℃程度に浴液を保持できる恒温浴そうで、2)の容器を浸漬できる大きさを有す。これに代るものとして卓上電熱器を使用することも可能であるが、その場合はアスベスト付金網をのせる。

- 2) 容器：500 ml以上のステンレスまたはホーロー引きビーカー。
- 3) 攪拌機：2)の容器内に入れたアスファルトを十分に攪拌できる攪拌機。
- 4) 温度計：0～300℃の温度計で1℃刻みの目盛を有する温度計。
- 5) 容器ホルダー：2)の容器を固定できるもの。
- 6) 天秤：0～5 kg程度までの範囲で0.5 gまで秤量できなければならない。

2.3 アスファルト溶液作成及び取扱い器具

- 1) 天秤：0～500 g程度までの範囲で1 mgまで秤量できなければならない。
- 2) 共栓付三角フラスコ：50～100 mlの容量のもの。
- 3) ピペット：10 ml用及び0.1 mlまで秤量できるもの。
- 4) 注射器：1 ml用注射器

2.5 アスファルト回収装置

- 1) 抽出装置：ソックスレーまたは遠心分離等のアスファルト抽出器。
- 2) 遠心分離器：アスファルト抽出液中のフィラー分を除去する遠心分離器。
- 3) 蒸留装置：アスファルト抽出液を蒸留してアスファルトを回収する装置一式。

3. 試験方法

3.1 検量線の作成

1) ゴム入りアスファルトの作成

ステンレスまたはホーロー引きビーカーに100 g以上のストアスを正確に計量し、160～170℃程度に加熱する。ストアスに対してゴム分が1%になるように精秤したラテックスを少しづつ加える。この間アスファルトを攪拌機により攪拌しておき、表面に泡がなくなるまで続ける。同様に3%、5%、7%のゴム入りアスファルトを作成し試料とする。

2) 溶液の作成

50または100 mlの共栓付き三角フラスコに0.5～1.0 gの試料をとり、1 mgまで精秤する。次に溶剤として二硫化炭素を加えて試料を溶解する（半日～1日放置する）。二硫化炭素の量は使用する液体セルの厚さに応じて決めておかなければならない。一般に溶液濃度（％）＝試料（g）× 100 / 二硫化炭素（ml）はセル厚が1.0 mmならば5％、0.2 mmなら10～25％程度が適している（3.4参照）。

3) 赤外線吸収スペクトル

液体セルに2)で作成した溶液を注射器で充填する。同様に補償セルにも二硫化炭素を充填する。これらのセルを赤外分光光度計の所定の位置に置き操作ボタンを押すと赤外線吸収スペクトルが得られる。終了したら液体セル中の試料溶液を流し出し、注射器を用いて二硫化炭素で十分に洗浄してから次の試料溶液を充填して同様の操作を行う。

4) 吸収スペクトルの解析

ゴム添加量を変えた各試料について得られた吸収スペクトルから図3に従って吸光度または吸光度比を求める。

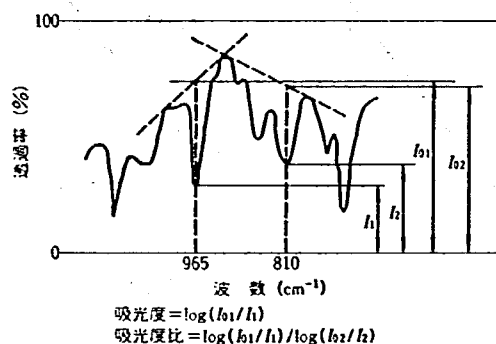


図3 赤外線吸収スペクトルの解析

5) 検量線の作成

横軸にゴム添加量、縦軸に吸光度または吸光度比をとり、その関係をプロットして検量線を作成する。

3.2 ゴム入りアスファルト中のゴム分の定量

ゴム添加量が未知のゴム入りアスファルトについてそれに含まれるゴム分の定量は次のように行う。

1) 3.1 2)～4)と同様の操作を行う。但し溶液濃度は検量線作成時と同一とする。

2) 吸収スペクトルから吸光度または吸光度比を計算し検量線と対比してゴム入りアスファルト中のゴム量を求める。

3.3 混合物中のゴム分の定量

ゴム入りアスファルト混合物中のアスファルトに対するゴム分の定量は次のように行う。

1) アブソン法により混合物中のゴム入りアスファルトを回収する。この場合ゴム入りアスファルト混合物はストアス混合物に比べて2～4倍の抽出時間を要する。

2) 回収したゴム入りアスファルトについて3.2と同様の方法で試験を行いゴム入りアスファルト中のゴム分を求める。

3.4 注意事項

1) 3.1 2)に述べた溶液濃度はあくまで標準的な濃度であり、液体セルの汚れ具合などにより変わってくるので、実際にはあらかじめ濃度を数点変えた溶液について吸収スペクトルをとり、965 cm⁻¹付近の吸収帯の透過率が30～70％程度になるような濃度を選定する。

2) 溶剤として使用する二硫化炭素は引火性が非常に強く、毒性もあるので火気がないところでかつ十分換気ができる場所で行うこと。

4. 測定精度

この試験方法については、実験例が少なく測定精度を規定することはできないが、ここでは一例を示す。検量線の相関係数は非常に大きく、繰り返し試験の変動係数は最大で11%程度であり比較的精度は良いと云えよう(表1)。一方混合物中のゴム分を定量すると表2に示すように添加量に対し90%以上が検出されている。

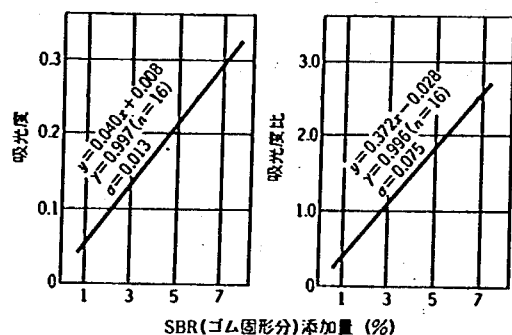


図4 検量線の1例(液体法)

表1 同一アスファルトにおける繰返し性
(測定値：吸光度)

SBR添加量(%)	1	2	3	5	7
繰返し回数					
1	0.0174	0.0259	0.0629	0.108	0.157
2	0.0177	0.0277	0.0503	0.107	0.162
3	0.0160	0.0271	0.0558	0.105	0.153
平均値	0.0170	0.0269	0.0563	0.107	0.157
変動係数(%)	5.3	3.4	11.2	1.4	2.9

表2 混合物中のゴム分の検出量

SBR 添加量 (%)	吸光度			吸光度比		
	吸光度	検出量 (%)	検出率 (%)	吸光度比	検出量 (%)	検出率 (%)
1	0.043	0.83	88	0.347	1.01	100
3	0.113	2.63	88	0.973	2.69	90
5	0.197	4.73	95	1.791	4.89	98
7	0.271	6.58	94	2.635	7.16	102

タフネス・テナシティ試験

1. 概要

この試験は、一定の大きさの金属半球を球面を下にして所定容器の中のアスファルト試料中に埋め、一定の温度および速度で金属半球を引き抜く時に要する荷重を縦軸に、変位を横軸に記録し、荷重・変位曲線（図-2参照）より、材料の粘弾性状を求めるものである。

この試験方法によれば、最初金属半球が試料から引き抜かれる時の荷重が高い山形（大きい力）で現われ、次に試料が細く伸ばされるにつれて力（荷重）は急激に減少する。この力の減少速さの差および曲線のすその引き方は、試料の性質によって種々異なる。

高い山の部分は、試料が半球を把握しているための抵抗性に対応するもので、これを含めた全体の力を把握力（タフネス）と呼び、すその部分は、大きな変形に対する試料の抵抗性、すなわち粘結性に対応するもので、これを粘結力（テナシティ）と呼んでいる。

2. 試験方法

2-1 試験装置

1) タフネス・テナシティ試験器

図-1に示す構造のもので(1)~(4)からなる。図-1の(5)は、試験器の組立図である。

① テンションヘッド

図-1の(1)に示す形状、寸法のもので金属性とし、材質は、ステンレス鋼（SUS 304）又は鋼材S15Cにクロムめっき3号を施し耐腐食性としたもの。テンションヘッドの研磨は、C-6S仕上げとする。

② おさえねじ

図-1の(2)に示す形状、および寸法のもので金属製とし、材質は、①テンションヘッドと同一とする。

③ スパイダー

図-1の(3)に示す形状、および寸法のもので金属製とし、材質は①又は、黄銅製とする。

④ 試料容器

図-1の(4)に示す形状、および寸法の金属製平底円筒とする。材質は、ステンレス鋼（SUS 304）とし、厚さは0.8~1.0 mmのものとする。

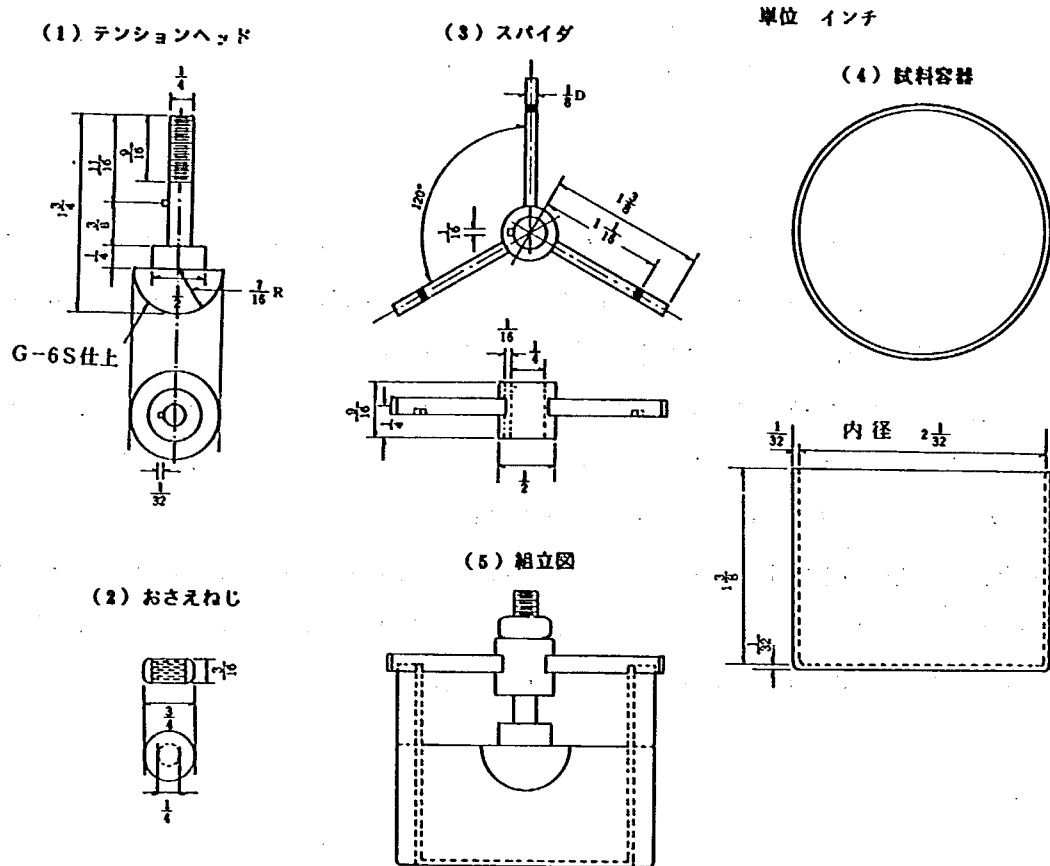


図-1 タフネス・テナシティ試験器 (一例)

2) 恒温水浴槽

タフネス・テナシティ試験器を並べて入れることができる恒温水浴槽で 25 ± 0.1 ℃に保つことができるもので、加熱器の絶縁抵抗は J I S K 2208 (石油アスファルト乳剤) の 5.2 による。

3) 温度計

J I S B 7410 (石油類試験用ガラス製温度計) に規定する温度計番号17のもの。

4) 引張試験機

引張り速度が毎分500 mm 以上の能力をもつもので、0～100 kg までの荷重を検出することができる検出器を持ち、かつ引張り荷重と変位を同時に記録できる機能を持つもの。

2-2 試験方法

1) 試料は、部分的な加熱をさけ、試料中に泡が入らないようゆっくりかき混ぜながら 170 ± 10 ℃まで加熱する。

2) 試料が均質になったら、あらかじめ約 100℃に温めておいた試料容器にとる。試料の量は、 50 ± 1 g とする。

3) 直ちに、あらかじめ約 100℃に温めておいたタフネス・テナシティ試験器〔図-1(1)～(3)〕を試料容器に取り付ける。なお、テンションヘッドの半球面は、あらかじめ脱脂剤で清浄にしておく。次におさえねじ〔図-1(2)〕を回してテンションヘッド〔図-1(1)〕の上面が試料面と同じ高さになるよ

う調節する。

4) 試験器を15~30℃の室温に20~30分間放置し、この間1~2回テンションヘッド面の再調整を行う。さらに室温で1~1.5時間放置する。次に 25 ± 0.1 ℃に保った恒温水浴槽中の有孔架台に載せ1~1.5時間養生する。

5) 試験器を恒温水浴槽から取り出し、直ちに引張試験機に取り付ける。

6) 次に毎分500 mmの速度で試料の伸びが300 mm以上になるまで引っ張る。

7) このとき、記録計のチャートスピードを毎分500 mm又は1000 mmに調節し、荷重-変位を記録する。

8) 記録紙に描かれた荷重-変位曲線から、図-2に示す方法によってグラフを整理する。但し、変位量は、試料の伸びが300 mmとする。図-2でA, B, C, D, F, Aで囲まれた部分の面積をタフネス, C, D, F, Eで囲まれた部分(斜線部分)の面積をテナシティとし、kg·cmの単位で報告する。

9) 図-2の荷重-変位曲線で示されたタフネス・テナシティの面積の求め方は、質量法とする。なお、面積法による場合は、プランメーターを使用し2回以上の平均値を用いる。

10) 荷重-変位曲線で示されたA, B, C, D, F, AおよびC, D, F, Eでかこまれた記録紙を切り取り、それぞれの質量を0.001 gまで求める。

11) 記録紙の未使用部から一定の荷重と変位をかけたときの面積に相当する記録紙を切り取り、その質量を0.001 gまで求める。

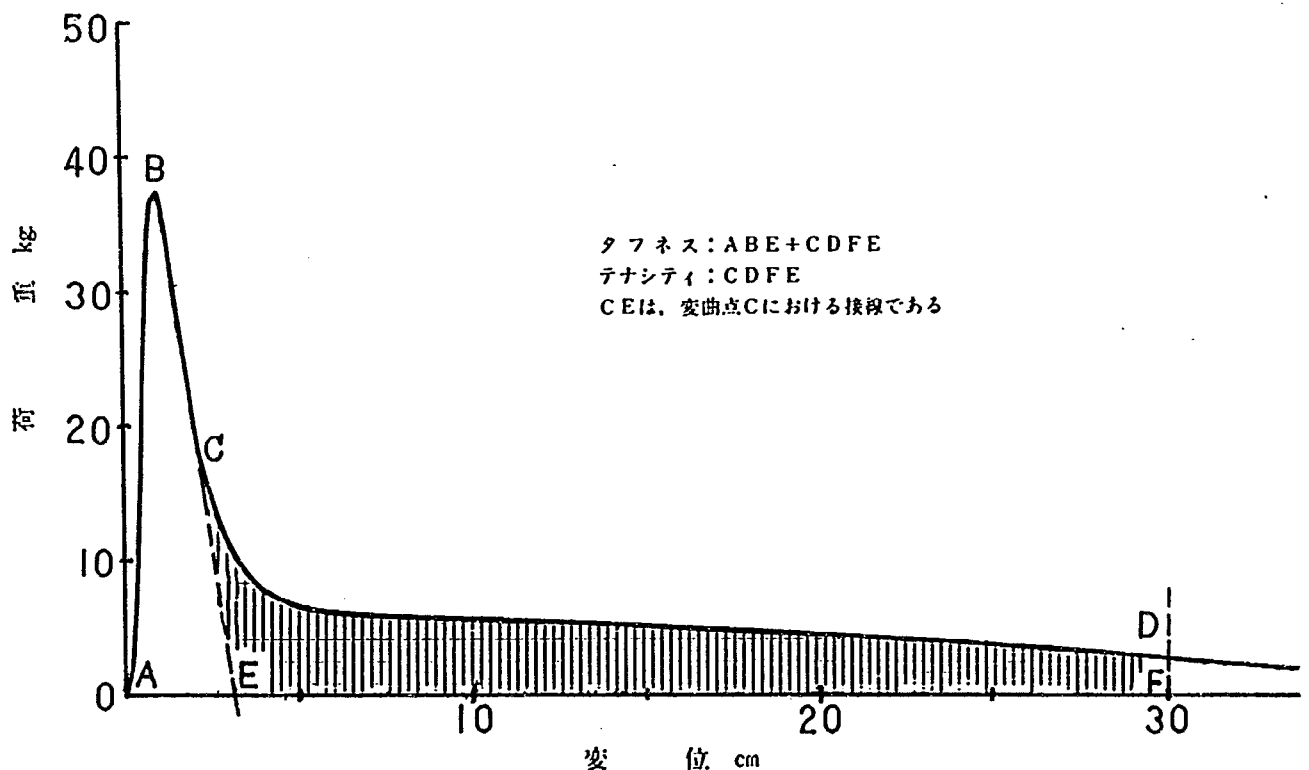


図-2 タフネス・テナシティ荷重-変位曲線(一例)

12) 試料のタフネス・テナシティは、次式によって求める。

$$\text{タフネス (kg} \cdot \text{cm)} = \frac{\text{記録紙 (A, B, C, D, F, A) の質量(g)}}{\text{単位面積当たりの記録紙の質量(g/kg} \cdot \text{cm)}}$$

$$\text{テナシティ (kg} \cdot \text{cm)} = \frac{\text{記録紙 (C, D, F, E) の質量(g)}}{\text{単位面積当たりの記録紙の質量(g/kg} \cdot \text{cm)}}$$

3. 報 告

同一試料について、2回の平均値をとり、kg・cm単位で整数位にて報告する。

60℃粘度試験（土木研究所基準）

1. 概 要

この方法はアスファルトの60℃における絶対粘度を減圧毛管粘度計によって測定する方法について規定する。この方法は42～200,000 poiseの粘度範囲のアスファルトに適用することができる。

2. 試験方法

2-1 試験装置

真空毛管粘度計の試験装置を写真-1に示す。

(1) 粘度計

この方法にはAsphalt Institute 真空毛管式粘度計を用いる。

粘度計の形状、構造を図-1に、粘度計番号、概略の半径、概略の係数、測定粘度範囲を表-1に示す。

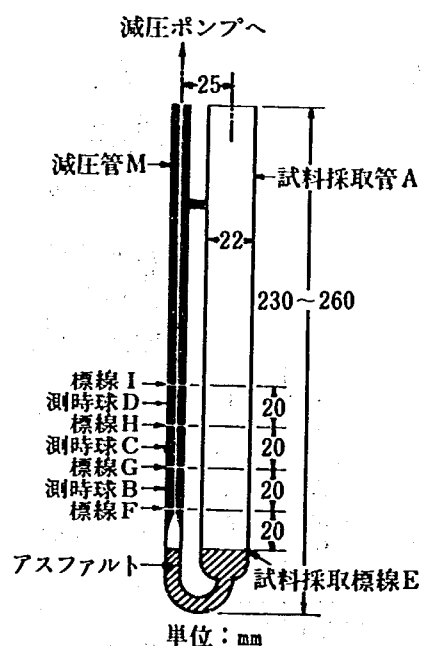


図-1 粘度計の形状および構造

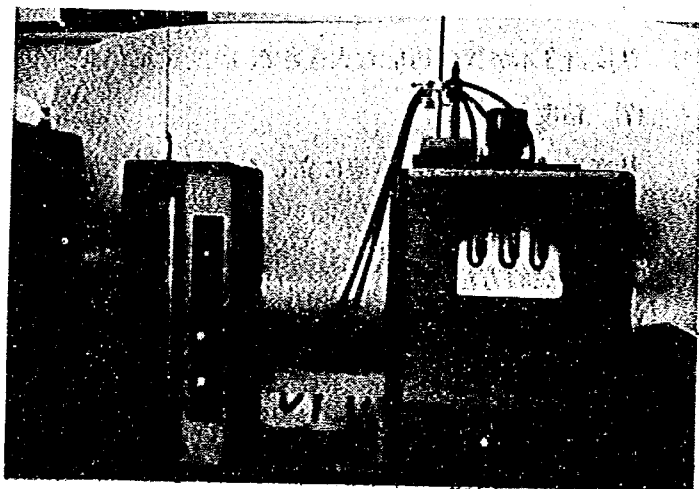


写真-1 真空毛管粘度計

表-1 粘度計の概要

粘度計 番 号 No	毛細管 の 半 径 (mm)	300 mmHg における およその係数K			測定粘度範囲 (poise)
		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

正確な係数は標準粘度液で測定しなければならない。

(2) 温度計

温度範囲は 58.5℃～61.5℃程度のもので±0.01℃まで読み取れる温度計を用いる。

(3) 恒温槽

粘度計が最低3本は着装可能なもので、試験温度を±0.01℃の範囲で恒温槽内の液を保持できるもの。

(4) 減圧装置

300mmHg までの任意の減圧度で±0.5mmHgの範囲で維持できるもの。また、粘度計に接続中、コックを開放した時、減圧度の低下が認められないようなもの。減圧源としては真空ポンプが適している。

(5) タイマー

15分以上動作した時の誤差が0.05%以内で、0.1秒またはそれ以上に細かく目盛りされたストップウォッチ。

(6) 乾燥機

粘度計3本が養生可能な大きさで、温度設定が40～200℃まで出来±2℃の範囲でコントロールが可能なもの。

(7) 粘度計立て

粘度計3本を同時に垂直に立てることが可能なもので、材質が200℃まで耐えるもので乾燥機に入る大きさのもの。

2-2 試験方法

原アスファルト（薄膜加熱前）と薄膜加熱後の60℃粘度の測定条件と、フローチャートを表-2と表-3にそれぞれ示す。

試験条件	ASTM法	土木研究所基準
粘度計	•Cannon Manning •Asphalt Institute •Modified Koppers	Asphalt Institute
試料採取量	最低 20 ml	50 g
試料溶解温度	135 ± 5.5℃	原アスファルト 135 ± 2℃ スミアス 170 ± 2℃ 薄膜スミアス 135 ± 2℃ 加熱後スミアス 170 ± 2℃
試料溶解時間	—	30分
粘度計加熱温度	135 ± 5.5℃	原アスファルト 135 ± 2℃ スミアス 170 ± 2℃ 薄膜スミアス 135 ± 2℃ 加熱後スミアス 170 ± 2℃
試料採取粘度計加熱温度	135 ± 5.5℃	原アスファルト 135 ± 2℃ スミアス 170 ± 2℃ 薄膜スミアス 135 ± 2℃ 加熱後スミアス 170 ± 2℃
試料採取粘度計加熱時間	10 ± 2分	10 ± 2分
粘度計設置時間	5分以内	2分
粘度測定法	同一サイズナンバー 粘度計1本による同一人の2回測定	同一サイズナンバー粘度計 3本による1回測定
その他の試験条件	—	すべて ASTM D2171 と 同一条件

表-2 測定条件

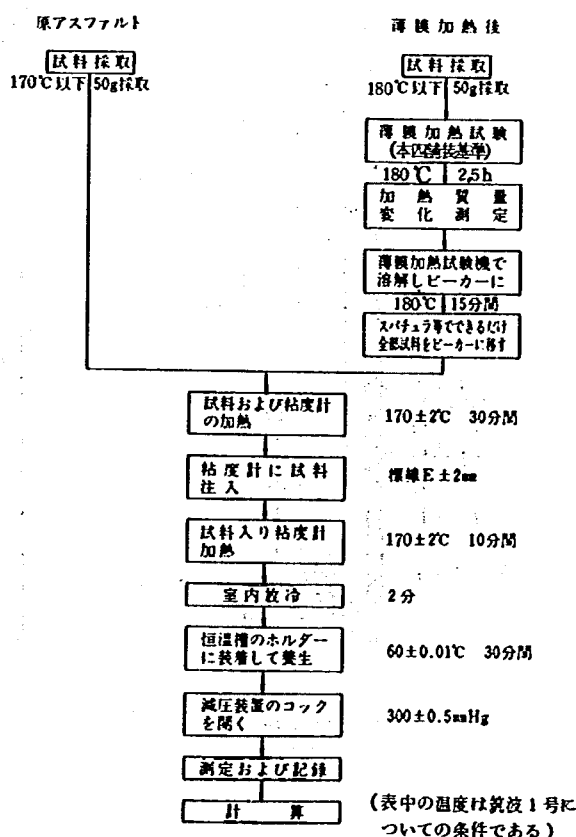


表-3 60℃粘度測定方法フローチャート

2-2-1 原アスファルト（薄膜加熱前）の60℃粘度測定手順

1) 粘度測定

- (1) 恒温槽の温度を 60 ± 0.01 ℃以内に維持する。
- (2) 試料を乾燥機で180℃を越えない温度で流動性を持つまで溶解し、100 ccのビーカーに50 g採取する。
- (3) 170 ± 2 ℃に保った乾燥機に清浄して乾燥した粘度計3本とビーカーに採取した試料を同時に入れ30分間加熱する。
- (4) 30分後に試料と粘度計を取り出し、試料をガラス棒でかき混ぜてから粘度計3本の標線E ± 2 mmまでそそぎ込む。

注意1) 試料を粘度計にそそぎ込む時、粘度計を垂直に立てておかないと側壁に試料がつくので注意する。

- (5) 試料をそそぎ込んだ粘度計3本を直ちに 170 ± 2 ℃に保った乾燥機に10分間入れる。
- (6) 試料をそそぎ込んだ粘度計3本を乾燥機から取り出して2分間室内で放冷した後、 60 ± 0.01 ℃に保った恒温槽のホルダーにセットし30分間養生する。なお、粘度計は最上部の標線が液面より20 mm以上没するように垂直にセットする。
- (7) 減圧装置の減圧度を 300 ± 0.5 mmHgに保ち、コックを閉じたまま減圧装置と粘度計を接続する。
- (8) 粘度計を恒温槽に30分養生後、コックを開き試料を流し始める。
- (9) 3本連続して連続する一対の標線間を通過するのに要した時間をストップウォッチ等で0.1秒まで正確に測定する。一対の標線間を通過するのに要した時間が最初に60秒を越えた測時球とそれに要した時間を記録する。

注意1) 試料を加熱する時間など時間を計る時はストップウォッチ等で正確に計ること。

- 2) 標線間をアスファルトが通過する時間を計るものとして、普通のストップウォッチを使う場合は、粘度計1本に対して2個必要であるので、粘度計3本で6個用意しなければならない。なお、ラップ測定機構がついているストップウォッチは、粘度計1個に対して1個の3個でよい。

2) 計 算

あらかじめ標準粘度液で測定した係数か、粘度計に添付されていた係数と、流動時間を次式に代入して絶対粘度を求める。

$$\text{絶対粘度 } P (\text{poise}) = Kt$$

ここで K: 最初に60秒を越えた測時球の係数

t: 最初に60秒を越えた標線間を通過した時間 (sec)

3) 報 告

3本の測定値の平均値を有効数字3ケタまで報告し、これを粘度とする。

4) 精 度

3 本同時に測定した試験結果の変動係数(V)が7%を越えてはならない。

2-2-2 薄膜加熱後の60℃粘度測定手順

- (1) 原アスファルト同様 180℃を越えない温度で試料を溶解し、薄膜加熱用試料器に 50 ± 0.5 gの試料を採取する。
- (2) J I S K 2207 に準じた本四舗装基準に従い薄膜加熱試験を行い加熱質量変化率を求める。
- (3) 加熱質量変化率を求めた試料を 180℃の恒温槽内の回転盤上におき、15分回転させ試料を溶融させる。溶融させた試料は、100 ccのピーカーに適当なスパチュラか小刀で試料容器からできるだけ取り出す。
- (4) 以降は、原アスファルトの60℃粘度測定手順と同様に行い、結果を報告するものとする。

3. 粘度比 (60℃)

求めた薄膜加熱後の60℃の粘度は、別に求めた加熱前の60℃の粘度とから、粘度比(60℃)として、次式により算出し小数点以下第1位に丸める。

$$\text{粘度比 (60℃)} = \frac{\text{薄膜加熱後の粘度}}{\text{加熱前の粘度}}$$

200℃ 粘度試験

1. 概 要

一定容量の試料が規定条件で粘度計の毛管を流れる時間を測定し、この流出時間と粘度計定数から動粘度を算出する。

2. 試験方法

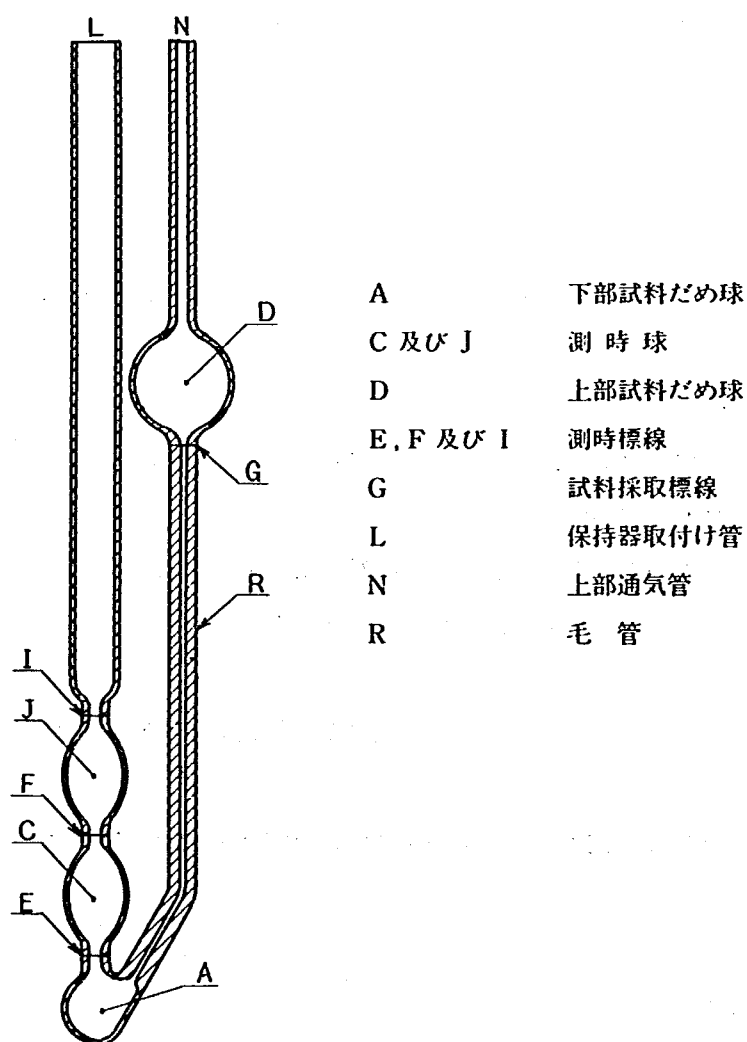
2－1 試験装置

図－1 に示す構造のもので1)～5) からなる。

1) 粘度計

ガラス製毛管式粘度計で、材質は J I S R 3503 に規定するもの。

(1) キャノソーフェンスケ不透明液用粘度計



図－1 キャノソーフェンスケ不透明液用粘度計の概略図

表-1 キャノソーフェンスケ不透明液用粘度計の
動粘度測定範囲

粘度計番号	測時球 C の粘度計定数 (概略値) cSt/s {mm ² /s ² }	動粘度測定範囲 cSt {mm ² /s}
200	0.1	20 ~ 100
300	0.25	50 ~ 200
350	0.5	100 ~ 500
400	1.2	240 ~ 1 200
450	2.5	500 ~ 2 500

2) 温度計

目盛範囲によって分類し、200℃粘度測定は目盛範囲 198.0~202.0℃を用いる。

3) 恒温浴そう

200℃まで十分使用可能なもので、試験温度では±0.03℃で浴液を保持できるもの。浴液は試験温度範囲において熱的に安定で、蒸発したり熱による色相劣化を起こし難いものを使用する。

(1) 浴そう

粘度計を十分に浸すことができるガラス製又は金属製で、測定時において試料のどの部分でも浴液が20mm以上ある大きさとし、粘度計及び温度計を外部から透視できるもの。

(2) 浴そうのふた

粘度計ホルダーを保持できる金属製又は合成樹脂製とし、温度計そう入口及び温度調節器そう入口などを備えたもの。

(3) かき混ぜ機

10W以上の振動の少ない電動機で、浴そう内の温度分布を均一にできるもの。

(4) 電熱器及び温度調節器

電熱器は、浴そう内の温度を室温から約100℃まで、100分以内に上昇できる能力をもち、温度調節器は浴液の温度を規定以内の精度に保つことができるもの。

4) 粘度計ホルダー

粘度計を垂直に保持できるもので、その材質は金属製又は合成樹脂積層板製とする。

5) 秒時計

正確度が15分当たり±0.05%以内で、最小目盛が0.1秒のストップウォッチ、電気式タイマー等を用いる。

2-2 校正

1) 粘度計の校正

JIS K 2283 に従って標準液を使用して校正を行うものとする。

2) 温度計の校正

動粘度測定用温度計の校正は、J I S B 7410 の附属書に規定する補正試験方法によって 0.01℃ まで行う。

2-3 試験方法

- 1) 試料が十分に流動するまで、局部過熱に注意して試料を加熱する。その際熱伝導をよくし、また、試料が均一になるようにときどきかき混ぜる。
- 2) 試料を最低50ml以上適当な容器に移し、試験温度±5℃まで、ときどきかき混ぜながら加熱する。
- 3) 固形物を含む試料は74μmの網ふるいでこす。
- 4) 試験温度における試料の予想動粘度から、測時球Cの流出時間が200秒以上、1000秒以下になる粘度計を表-1から選び洗浄・乾燥した校正済み粘度計を2本選ぶ。
- 5) 温度計の校正が最近行われたかどうか確かめる。
- 6) 恒温浴その内の温度は、試験温度±0.03℃に保つ。なお、温度計の読みは補正する。
- 7) あらかじめ試験温度±5℃に保った2本の粘度計を逆さにして上部通気管Nの口を試料中につけ、保持器取付け管Lから吸引して試料を上部試料だめ球Dに満たし、試料メニスカスが試料採取標線Gに一致するまで試料を引き上げ、上部通気管Nの外側の試料をふきとる。
- 8) 粘度計2本を試験温度に保った恒温槽に入れ、毛管Rが鉛直になるように設置し、試料が毛管Rを流下し、下部試料だめ球Aの容量の約 $\frac{1}{2}$ に達したら、一端を閉じた適当な長さのゴム管をはめ、試料が流下しないようにする。
- 9) 粘度計2本は試験温度に達するまで15分間、恒温浴その中に放置する。
- 10) 恒温槽の温度が試験温度に達していることを確かめたのち、ゴム管を取り外し、試料を自然に流下させる。
- 11) 試料のメニスカスが、測時標線Eから測時標線Fまで通過する時間及び測時標線Fから測時標線Iまで通過する時間を、それぞれ0.1秒単位まで読み取る。もし、測時標線Eから測時標線Fまでの流出時間が、4)の規定を外れた場合は、粘度計を取り替えて再試験する。
- 12) 11)で測定した各々二つの流出時間から、3に従って動粘度を有効数字3けたまで算出し、その平均値を試験結果とする。

3. 計算及び結果

動粘度は次式によって計算し、有効数字3けたに丸める。

$$\nu = Ct$$

ここに、 ν ：動粘度 (cSt) { mm^2/s }

C ：粘度計定数 (cSt/s) { mm^2/s^2 }

t ：流出時間 (s)

4. 精 度

1) 繰返し精度

同一試験室において、同一人が同一試験器で日又は時間を変えて同一試料を試験して求めた 2 個の試験結果の差は、平均値の 8 %を超えてはならない。

2) 再現精度

異なる 2 試験室において、同一試料を別人が別の試験器でそれぞれ 1 回ずつ試験して求めた 2 個の試験結果の差は、平均値の 16 %を超えてはならない。

薄 膜 加 熱 試 験

1. 概 要

この試験は混合物製造時のアスファルトの劣化を想定した室内試験である。

膜厚 3.2 mm の試料を 180 ℃ の恒温空気浴そう中で 2.5 時間加熱する。薄膜加熱質量変化は、試料の加熱後の質量変化量を測定し、加熱前試料の質量に対する百分率で表す。

2. 試験方法

2-1 試験装置

1) 恒温空気浴そう

二重壁をもつ電熱式恒温空気浴そうで、浴温を $180\text{℃} \pm 1\text{℃}$ に保つことができ、回転盤駆動装置、室内燈などを備えたものとする。とびらには温度計及び内部の状況を観察するために一辺 100 mm 以上の角形二重ガラス窓を設ける。浴そう内の換気が均一に行われるように、底部及び頂部にそれぞれ 2 個以上の空気入口孔を設ける。入口孔の全面積は 1.3 cm^2 以上、出口孔の全面積は $1.3 \sim 12.9\text{ cm}^2$ とする。

(1) 回転盤

アルミニウム製の円板で、試料容器を同心円状に定置できるものとする。

(2) 回転盤駆動装置

回転盤を浴そう内に水平に保持し、毎分 5 ～ 6 回転の速さで円滑に回転させることができるものとする。

なお、回転軸には、温度計を規定の位置^{*1}につり下げることができる横腕を備える。

*1 回転盤の半径の 2 分の 1 の位置で、温度計の球下端が回転盤の上面から約 6 mm なるような位置とする。

2) 試料容器

図-1 に示すアルミニウム又はステンレス鋼製の平底容器とする。

3) 温度計

(1) 試料用温度計

J I S B 7410 の温度計番号 27 (A E L) とする。

(2) 恒温空気浴そう用温度計

目盛範囲 0 ～ 200 ℃ で目量 1 ℃ 以下のものとする。

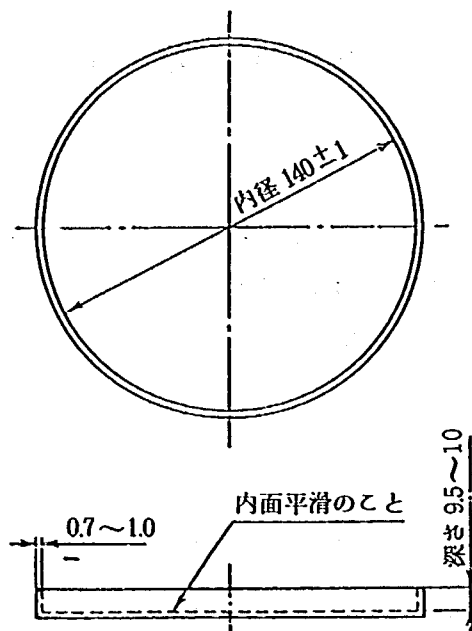


図-1 試料容器

2. 試験方法

2-1 試験装置

1) 試料の50 mlに相当する質量を比重(25/25℃)から求め、清浄・乾燥した2個以上の試料容器の重さを0.001 gまで正確に計量し、この試料容器に溶融試料を±0.5 gの範囲で採取し、室温まで放冷した後0.001 gまで正確に計量する。

2) 回転盤は回転中の最大傾斜角度が水平面に対して3度を超えないように水平に保つ。

また、恒温空気浴その内の温度は、回転盤の外側端と中心との等距離の位置に垂直につるされた規定の温度計で測定し、温度計の水銀球下端は回転盤上面から約6 mm上になるように取付ける。

3) 180℃に保たれた恒温空気浴その内の回転盤上に試料容器をすばやく置き、とびらを閉じ、回転盤を毎分5～6回の速さで回転させ、恒温空気浴その内の温度が再び179℃に達してから2.5時間180±1℃に保つ。ただし、いかなる場合でも試料を恒温空気浴その内に置く全時間は、2.5時間15分を超えてはならない。

4) 加熱が終わったら試料容器を取り出し、室温まで放冷したのち、これを0.001 gまで正しくはかり、試料の加熱質量変化率を6)により算出する。

備考 1. 通常、質量変化が同程度のものは2種類以上の試料について同時に試験を行ってもよいが、質量変化が著しく異なるものは同時に試験を行ってはならない。

2. 加熱後の試料についての必要な試験項目がその日のうちに測定できない場合は室温に放冷後加熱質量変化率を求めたのち、そのまま12時間以上放置する。

5) 加熱後の質量をはかった試料は石綿板の上のにせ、180℃の恒温空気浴その内の回転盤上に置き、15分間回転盤を回転させ、試料を溶融させる。溶融した試料を100 mlの容器に入れる。このとき適当な

スパチュラか小刀で試料を試料容器からできるだけ取り出す。取り出した試料は60℃粘度（土木研究所基準）に示す手順に従い、薄膜加熱後の60℃の粘度を測定する。

6) 薄膜加熱質量変化率の算出は、次式により行う。薄膜加熱後の質量が増加した場合は数値の前に（＋），減少した場合は（－）の符号を記し，小数点以下第2位に丸める。

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

ここに V ：加熱質量変化率（％）

W_s ：試料採取量（g）

W ：薄膜加熱後の質量（g）

3. 精 度

1) 繰り返し精度

同一試験室において，同一人が同一試験器で目又は時間を変えて同一試料を2回試験したとき，試験結果の差は表－8の許容差を超えてはならない。

表－8

薄膜加熱	許容差 ⅴ
加熱質量変化率 0.4 ⅴ未満のとき	0.04
0.4 ⅴ以上のとき	平均値の 8 ⅴ

2) 再現精度

異なる2試験室において，別人が別試験器で同一試料をそれぞれ1回ずつ試験して求めた試験結果の差は，表－9の許容差を超えてはならない。

表－9

薄膜加熱	許容差 ⅴ
加熱質量変化率 0.4 ⅴ未満のとき	0.16
0.4 ⅴ以上のとき	平均値の 40 ⅴ

ゴム入りアスファルトに関する室内試験

—SBR を用いた筑波 1 号の開発—

飯 島 尚* 小 島 逸 平**
坂 本 浩 行*** 寺 田 剛****

まえがき

アスファルト舗装の供用性に関する問題で、抜本的な解決策が切望されているものとして、重交通道路における耐流動および積雪寒冷地道路の耐摩耗対策がある。

現在、これらの対策として、アスファルト舗装要綱では設計アスファルト量や粒度の改善など、主として配合設計の工夫によって対応を図っているが、特に耐流動あるいは耐摩耗を重視する場合は、特殊対策として改質アスファルトを用いることが望ましいとしている¹⁾。しかし、これらの改質アスファルトは、適切な使用条件のもとでは一応の改善効果は得られているものの、さらに高品質のアスファルト材料の開発が望まれている現状にある。

そこで、土木研究所、(財)土木研究センターおよび日本ゴムアスファルト協会の3機関は、このような背景を踏まえて、昭和56～58年度の3カ年にわたり共同研究として、「耐流動・耐摩耗舗装用ゴム入りアスファルトの開発に関する研究」を実施した。そして、この研究を進めるにあたり、多田宏行氏を委員長とする共同研究委員会を設け実施してきたところであるが、その概要および56～57年度の研究成果の一端は既に本誌に発表している²⁾。したがって、本報告では、58年度の研究成果を中心として3カ年の研究成果を基に、耐流動・耐摩耗舗装用ゴム入りアスファルトとして開発した“SBR³⁾を用いた筑波1号の開発”の経緯について紹介することにする。

1 新規バインダーの開発目標およびこれまでの研究経緯

耐流動・耐摩耗舗装用ゴム入りアスファルト（以下、新規バンダーという）の開発目標は、供用性の面から、現在のストレートアスファルトを用いた（以下、ストアスという）舗装に対して、わだち掘れ、ひび割れ率を

50%程度、摩耗は80%程度に抑制できるように設定した。また、新規バンダーの品質性状は、アスファルト舗装要綱、本州四国連絡橋公団橋面舗装基準（案）および市販の改質アスファルトの品質性状を考慮し、供用性の目標が十分達成できるとの想定のもとに設定した。これらの供用性および新規バンダーの開発目標値の詳細については、参考文献²⁾を参照されたい。

新規バンダーの研究開発は、表-1に示すように3カ年にわたって実施した。ここではこのうち、58年度に実施した研究結果を述べることにする。

なお、56～57年度の研究結果の結論は次のとおりである。

1) 56年度の新規バインダー試験（一次）から開発目標を満足するものとして、ストアス60～80にムーニー値70のSBRラテックスを7%添加したもの（以下、E70-7という）が選定された。

2) 57年度の混合物試験（一次）から、耐流動、耐摩耗に優れているものとして、E70-7が選定された。しかし、高温粘度が高いことから、施工性の面で再検討する必要があることがわかった。ここでムーニー値とは回転粘度計の一種であるムーニー粘度計で測定した粘度の値あり、これまで使用されているゴム入りアスファルトは50程度である。この値が大きい程粘度が高くいわゆる耐流動に富むアスファルトとなる。

2 研究方法

56～57年度の結果から、58年度は、E70-7の基本物性を保持し、かつ施工性の面から高温粘度の低下を重視したバンダーの開発試験（二次）を行った。その中から改良効果の高いものを選定して混合物試験（第二次）を行い、その特性値を評価した。

3 新規バインダーの開発試験

3.1 選定試験

バインダーの開発選定試験は、ゴムの種類および添加量の組合せを変えて37試料について行った。この中から、E70-7の基本特性を保持し、かつ耐久性を考慮して高温粘度が著しく高くないように改善したものとして次のものを選定した。

1) ストアス60～80に、ムーニー値70のSBRラテ

* 建設省土木研究所道路部舗装研究室長

** 前建設省土木研究所道路部舗装研究室主任研究員（現熊谷道路 K-K）

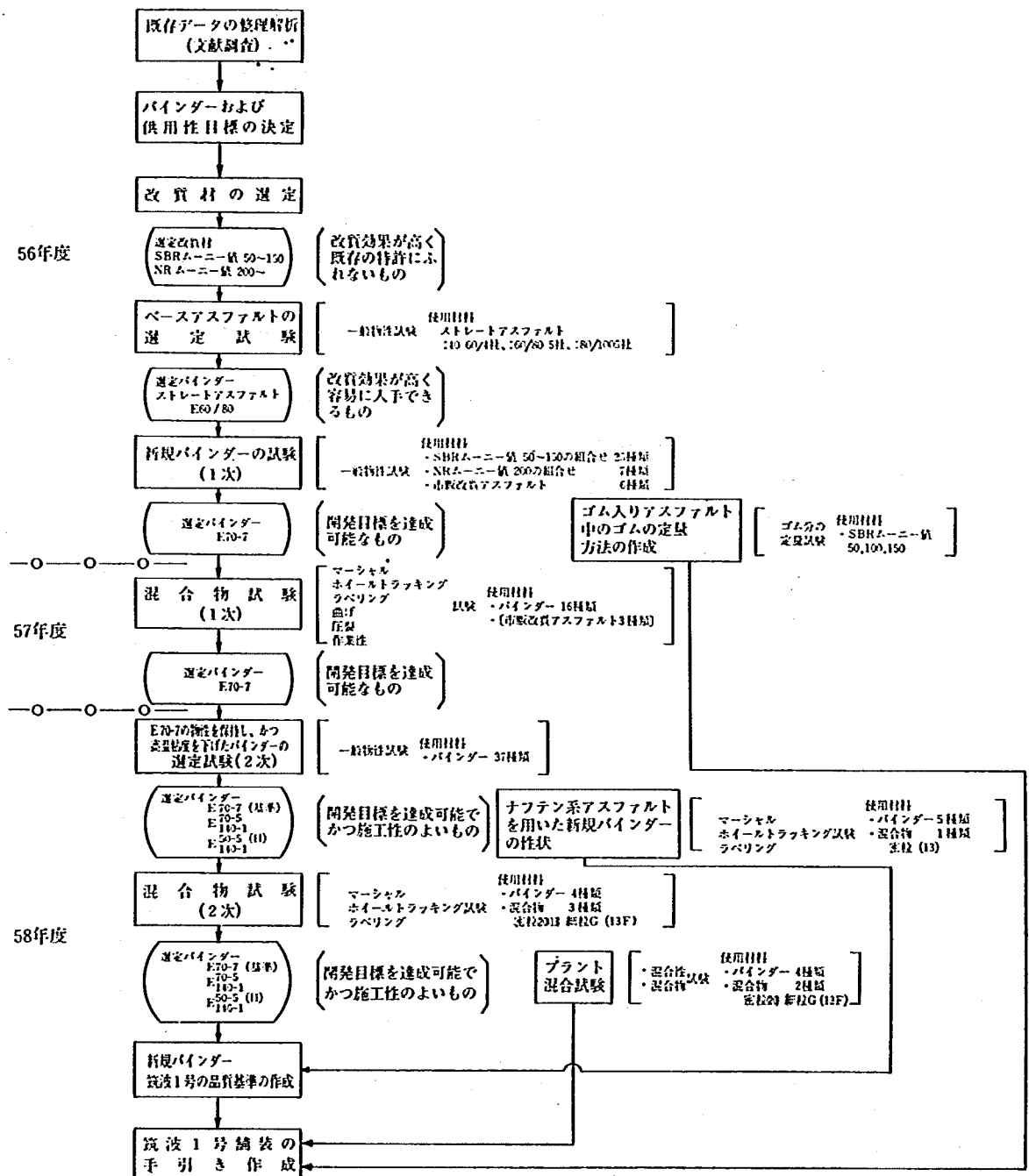
*** 建設省土木研究所地質化学研究室研究員

**** “ ” 化学研究室

Takashi Iijima, Ippei Kojima, Hiroyuki Sakamoto and Masaru Terada: Development Study on the New Rubberized Asphalt “Tsukuba NO.1”

¹⁾ 合成ゴムの一種で、スチレンブタジエンゴムの略称、アスファルトに添加する場合、一般的には乳化重合したものが使用されている。

表-1 新規バインダーの研究開発の経緯



クス5%とムニー値140のSBRラテックス1%を併用して添加したもの（以下、 E_{140-1}^{70-5} という）。

2) ストアス60~80に、ホット重合（ラテックス製造時の温度が10℃以下で重合させたものをコールド重合、30~60℃で重合させたものをホット重合という）のムニー値50のSBRラテックス5%とムニー値140のSBRラテックス1%を併用して添加したもの（以下、 E_{140-1}^{50-50} という）

3.2 加熱分離試験

新規バインダーはムニー値が高いものを用い、かつゴムの添加量が多くなることから、アスファルトへの溶解性に均一性を欠くことが懸念される。そこで、室内で加熱分離試験を行い、その性状を評価した。評価は材料

を混合後容器に入れ一定時間静置し、さらに上、中、下に分けて針入度や軟化点などを測定して分離の傾向を評価する方法とした。

これらの試験結果、新規バインダーは高温での貯蔵ではストアスに比べて、上・下の分離が大きかった。この対策として貯蔵温度を低くすること、とかあるいは貯蔵中攪拌することで防止できることがわかった。したがって、新規バインダーは工場での製造後、ケトルに貯蔵する場合、貯蔵温度や攪拌に留意する必要がある。

4 混合物試験

混合物試験としては、マーシャル、ホイールトラッキングおよびラベリング試験の3項目について試験を行っ

表-2 混合物試験方法と試験条件

試験項目	試験方法	試験条件
マーシャル試験	アスファルト舗装要綱	75回×両面, バインダー量5点
ホイールトラッキング試験	"	60°C, 6.4kg/cm, ゴム硬度78
ラベリング試験	土木研究所基準	-10°C, チェーン打撃

た。これらの試験方法と試験条件を表-2に示す。

使用バインダーは高温粘度の改善を図った E₇₀₋₅¹⁴⁰⁻¹, E₅₀₋₅₀₀¹⁴⁰⁻¹ の2種類とこれらの改質効果を比較するための, ストアス60~80, E₇₀₋₇ の2種類を加えて合計4種類である。

骨材は, 硬質砂岩(碎石)と川砂を使用した。また混合物種類は, 密粒度アスコン(20), (以下, 密粒(20)という), 密粒度アスコン(13), (以下, 密粒(13)という), 細粒ギャップアスコン(13F), (以下細粒G(13F)という)の3種類で, その粒度は, それぞれアスファルト舗装要綱の中央粒度を目標に配合設計を行った。これらの混合物試験結果を示すと次のとおりである。

4.1 マーシャル試験

マーシャル試験の最適アスファルト量(OAC)における特性値を表-3に示す。これより新規バインダーの安定度は, 細粒G(13F)では, ストアスに比べてあまり大きくはなっていないが, 密粒(20)および密粒(13)ではかなり大きくなっており改質効果が認められる。これらのバインダーのOACは同一粒度の混合物においては, ストアスとはほぼ同じ値を示している。

また耐水性を評価するために水浸マーシャル試験による残留安定度を測定したが, これによると残留安定度はストアスの60~74%に対し, 新規バインダーは80~93%となり耐水性の向上が期待できるといえる。

4.2 ホイールトラッキング試験

各種バインダーを用いたホイールトラッキング試験結果を図-1~5に示す。これらの結果から次のことがいえる。

1) バインダー量と動的安定度の関係

図-1, 2からストアスおよび新規バインダーとも, アスファルト量が変化すると動的安定度(以下, DSという)も変化する。変化の傾向は一部のものにバインダー量の少ない部分でDSの低くなっているものもあるが, 大部分のものはアスファルト量が多くなるにつれて, DSが低くなっていく。この傾向の強いものと

して, 密粒(20)のストアスがある。

2) 混合物種類と動的安定度の関係

図-3から混合物種類とDSの関係は, 細粒G(13F)のE₅₀₋₅₀₀¹⁴⁰⁻¹を除いて, すべてのバインダーが密粒(20)>密粒(13)>細粒G(13F)の順にDSが高い。

新規バインダーを用いた混合物のDSはストアスの240~1400回/mmの範囲に対して, 3000~7000回/mmの範囲にあり, かなりの改質効果が認められる。さらに, ストアスでは混合物の種類によって差が大きい, 新規バインダーではこの差は小さい。また, 新たに高温粘度の低下を図った2種類のものは, E₇₀₋₇と比べるとDSはいくぶん小さい値となっているが, その値は3000回/mm以上であり, 耐流動性に関しては, かなりの期待が

表-3 マーシャル試験の最適アスファルト量(OAC)における値

項目	バインダー名	OAC% (共通範囲)	密度 g/cm	空隙率 %	併用 率 (VMA) %	飽和度 %	安定度 kg	フロー値 1/100 cm	スティー ネス 100kg/cm
密粒(20)	E60/80	5.1 (4.7~5.4)	2.381	4.1	15.8	74.5	1360	26	57.0
	E70-7	5.1 (4.7~5.4)	2.390	3.7	15.6	77.0	1600	30	51.0
	E ₇₀₋₅ ¹⁴⁰⁻¹	5.1 (4.7~5.4)	2.391	3.8	15.6	76.0	1630	29	57.0
	E ₅₀₋₅₀₀ ¹⁴⁰⁻¹	5.1 (4.6~5.5)	2.388	3.8	15.7	76.0	1500	30	50.0
密粒(13)	E60/80	5.8 (5.3~6.3)	2.355	4.2	17.5	75.5	1190	25	45.1
	E70-7	5.7 (5.3~6.1)	2.357	4.1	17.2	76.0	1410	27	51.2
	E ₇₀₋₅ ¹⁴⁰⁻¹	5.7 (5.2~6.1)	2.364	3.8	16.9	77.0	1450	29	49.0
	E ₅₀₋₅₀₀ ¹⁴⁰⁻¹	5.7 (5.3~6.1)	2.355	4.1	17.2	76.0	1420	27	49.5
細粒G(13F)	E60/80	6.6 (6.1~7.1)	2.336	3.6	18.5	80.0	1400	24	58.0
	E70-7	6.4 (6.0~6.7)	2.340	3.7	18.2	80.0	1590	25	64.0
	E ₇₀₋₅ ¹⁴⁰⁻¹	6.5 (6.0~6.9)	2.337	3.7	18.5	80.0	1450	29	47.0
	E ₅₀₋₅₀₀ ¹⁴⁰⁻¹	6.5 (6.1~6.9)	2.334	3.8	18.6	80.0	1460	30	49.0

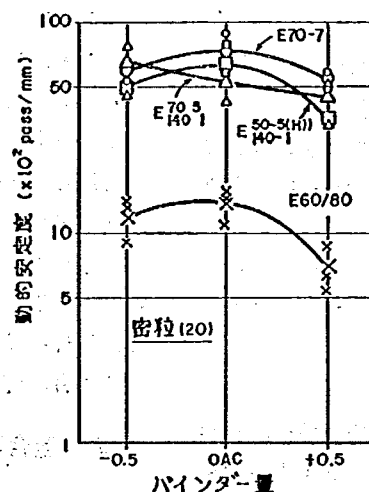


図-1 バインダー量と動的安定度の関係(締固め度 100±1%, n=3)

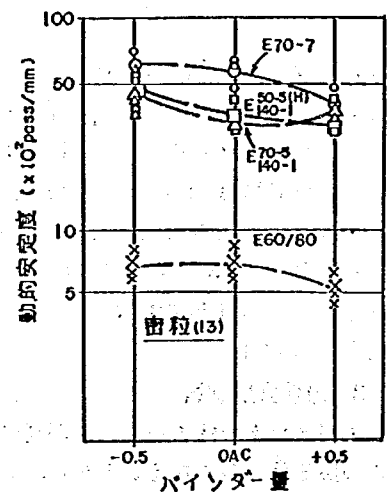


図-2 バインダー量と動的安定度の関係(締固め度 100±1%, n=3)

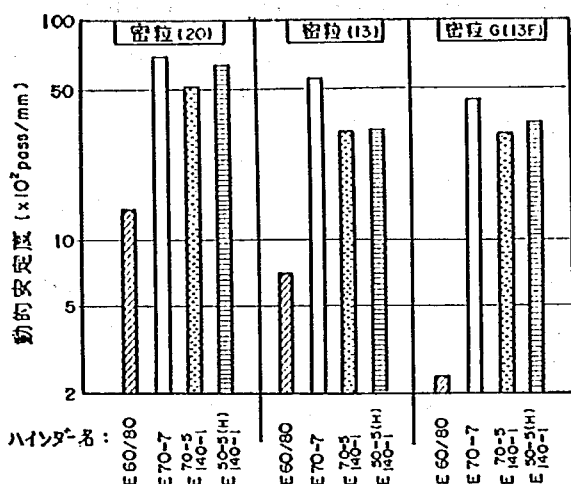


図-3 混合物種類と動的安定度の関係 (OAC, 締固め度 100 ±1%, 60°C, 64kg/cm², n=3)

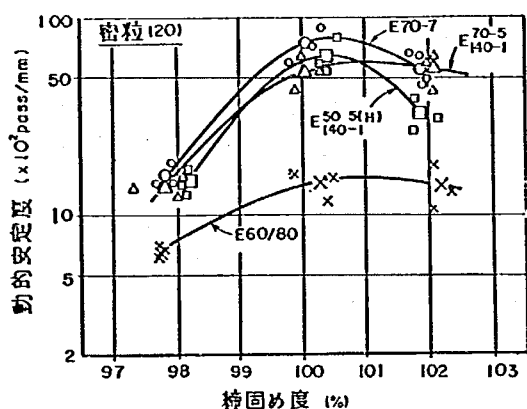


図-4 混合物の締固め度と動的安定度の関係 (OAC, $n=3$)

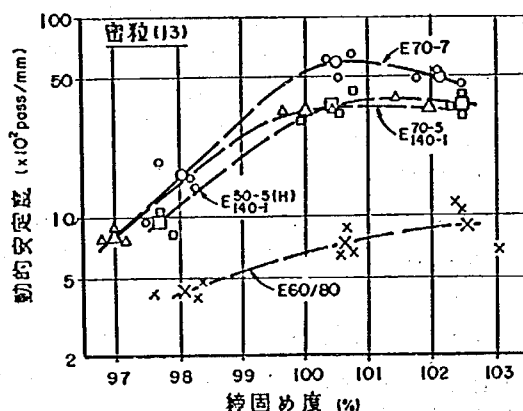


図-5 混合物の締固め度と動的安定度の関係 (OAC, $n=3$)

持てるバインダーであるといえる。

3) 混合物の締固め度と動的安定度の関係

図-4, 5からDSは、締固め度が100%よりプラス側にピークが認められ、それより±2%程度変化させた締固め度98および102%では、ピーク時の20~70%まで低下した。したがって、新規バインダーの舗装工事に当たっては適正な締固め度が得られるよう留意する必要がある。

4.3 ラベリング試験

各種バインダーを用いたラベリング試験結果を図-6
~10に示す。これらの結果から次のことがいえる。

1) バインダー量と摩耗量の関係

一般的に混合物の摩耗は、バインダー量が増加すると減少するといわれている。図-6,7からストアスでは密粒(20)および細粒G(13F)ともバインダー量が増加するにつれ、摩耗量が減少する一般的な傾向を示している。これに対して新規バインダーはいずれの混合物においても、バインダー量と摩耗の関係はストアスのように明確ではなく、バインダー量の影響を受けにくいという特有の傾向を示す。

2) 混合物種類と摩耗量の関係

ラベリング試験は、6時間後の摩耗量で評価することになっているが、参考までに12および24時間後の摩耗量も測定した。

図-8 から混合物の種類と6時間後の摩耗量の関係は、密粒(20)、密粒(13)、および細粒G(13F)の混合物の種類の間で摩耗量にはほとんど差がないといえる。

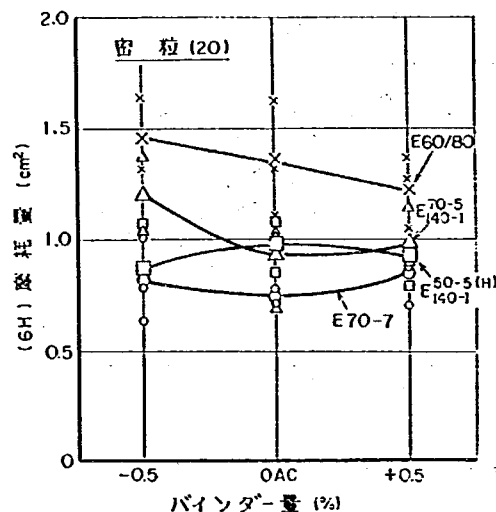


図-6 バインダー量と摩耗量の関係 (締固め度, $100 \pm 1\%$)

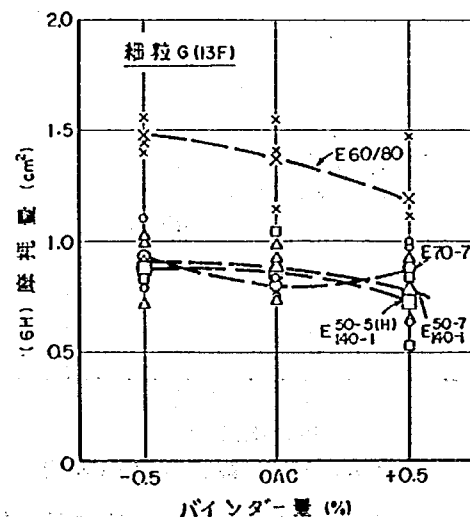


図-7 バインダー量と摩耗量の関係 (締固め度, $100 \pm 1\%$)

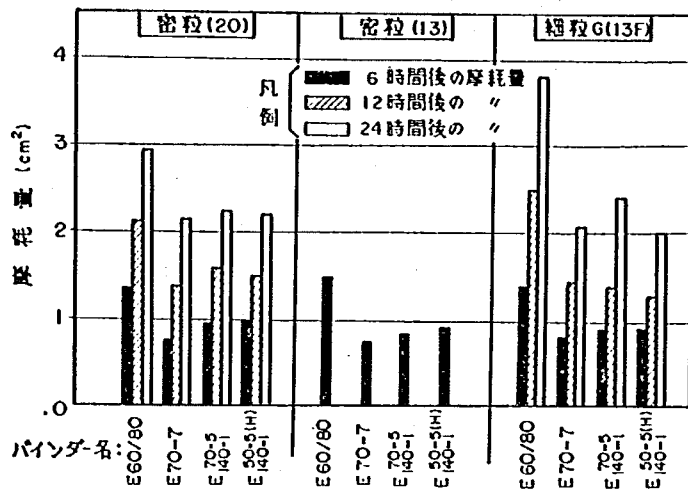


図-8 混合物種類と摩耗量の関係 (OAC, 締固め度 100±1%, -10°C)

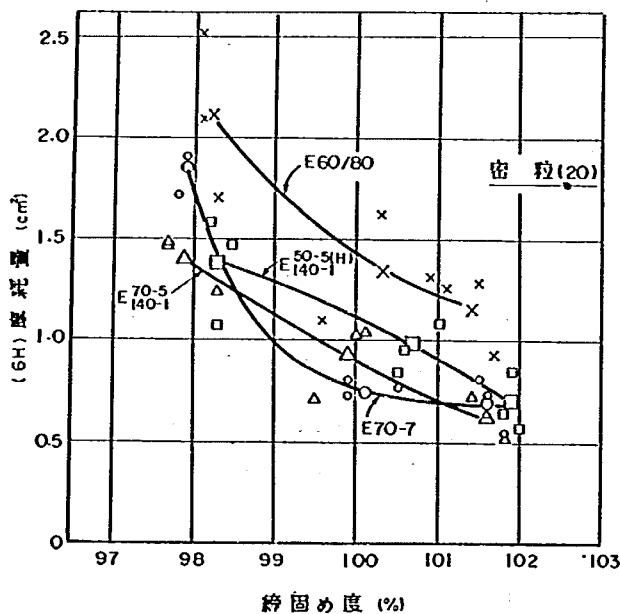


図-9 混合物の締固め度と摩耗量の関係 (OAC)

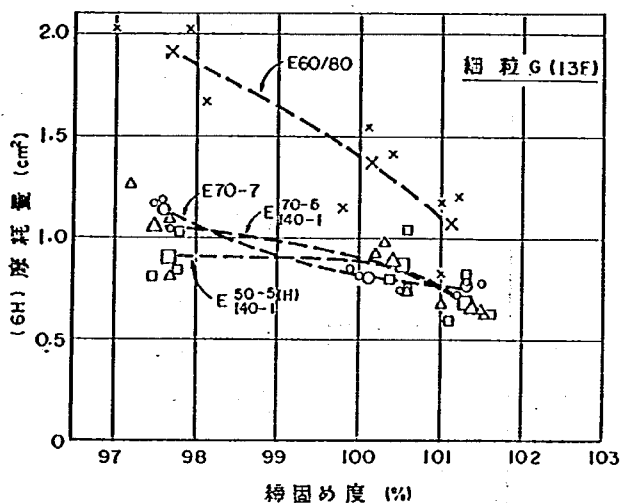


図-10 混合物の締固め度と摩耗量の関係 (OAC)

新規バインダーを用いた混合物は、いずれの混合物とも、ストアスと比べて摩耗量が30~50%減少し、かなり

の改質効果が認められる。また、高温粘度の改善を図った2種類の混合物の摩耗量は、いずれの混合物ともE70-7と同等に近い値を示し、耐摩耗性も耐流動性と同様、かなりの期待ができるものであることがわかった。

3) 混合物の締固め度と摩耗量の関係

図-9, 10から混合物の締固め度は、いずれのバインダーおよび混合物種類とも、締固め度が高くなるほど摩耗量は小さくなる傾向にあった。これらの傾向の著しいものとして、密粒(20)のストアスおよびE70-7、細粒G(13F)がある。混合物種別では、締固め度の影響は細粒G(13F)より密粒(20)の方が大である。

5 結 論

新規バインダーの開発試験およびこれらを用いた混合物試験結果をまとめてみると次のとおりである。

1) 新規バインダーの開発試験

(1) E70-7の基本物性を保持しかつ高温粘度の改善を図った新規バインダーとして、E⁷⁰⁻⁵₁₄₀₋₁とE^{50-5(H)}₁₄₀₋₁を選定した。

(2) 新規バインダーは、高温の貯蔵でゴムとアスファルトとの分離傾向が認められたが、この対策として貯蔵温度を低くするかあるいは撹拌することにより分離が防止できることがわかった。

2) 混合物試験

(1) マーシャル試験から新規バインダーは、ストアスと比べて安定度および残留安定度とも高い傾向にあった。

(2) ホイールトラッキング試験から新規バインダーのDSは、ストアスの3~10倍程度高い値を示し、混合物種類間のDSの差は小さかった。これに対して、ストアスは混合物種類間のDSの差が大きく、密粒(20) > 密粒(13) > 細粒G(13F)の順であった。

(3) ラベリング試験から新規バインダーの摩耗量は、ストアスの50~70%に減少した。また、摩耗量は締固め度を高めるほど減少する傾向にある。

以上の結果から、新規バインダーとして開発したE⁷⁰⁻⁵₁₄₀₋₁とE^{50-5(H)}₁₄₀₋₁の2種類は、E70-7と同等あるいはそれ以上の混合物性状を有していることが把握できた。

6 耐流動・耐摩耗舗装用新規バインダー (筑波1号) の品質基準 (案)

耐流動・耐摩耗用として開発した新規バインダーの品質基準 (案) は、3カ年の研究成果を集約して表-4のように定め、この品質基準 (案) を満足する新規バインダーの名称を“筑波1号”と称することにした。

筑波1号は、石油アスファルトに低ムーニー値と高ムーニー値のSBRラテックスを、4~10重量% (固形分換

表-4 筑波1号の品質基準(案)

筑波1号は均質で水分を含まず、200°Cまで加熱しても泡立たないものであって、次の規定に適合しなければならない。			
項	目	規 定	試 験 方 法
針 入 度(25°C 100g 5秒)		50~100	J I S K 2207
軟 化 点(R&B)	°C	57以上	J I S K 2207
伸 度(7°C)	cm	50以上	J I S K 2207
蒸発後の針入度比	%	110以下	J I S K 2207
薄膜加熱針入度変化率	%	65以上	本四舗装基準
フラスゼイ化点	°C	-10以下	J I S K 2207
タフネス(25°C)	kg・cm	100以上	ペンソン法
テナンティ(25°C)	kg・cm	50以上	ペンソン法
粘 度	(60°C) Poise	10,000以上	土木研究所基準
	(200°C) cSt	300以下	J I S K 2207

表-5 プレミックスタイプゴム入りアスファルトの標準的性状¹⁾

種 類	項 目	60~80	80~100
針 入 度(25°C 100g, 5秒)		60を超え80以下	80を超え100以下
軟 化 点 °C		48.0~56.0	46.0~54.0
伸 度(7°C)cm		20以上	50以上
蒸発後の針入度比 %		110以下	110以下
薄膜加熱重量変化 %		0.6以下	0.6以下
薄膜加熱後の針入度 %		55以上	55以上
三塩化エタン可溶分 %		95以上	95以上
引 火 点 °C		260以上	260以上
比 重 (25°C/25°C)		1,000以上	1,000以上
タフネス(25°C) kg・cm		60以上	50以上
テナンティ(25°C) kg・cm		30以上	25以上

算)含有させたプレミックスタイプ(あらかじめ工場等で混合させたタイプをいう。プラントで混合するのをプラントミクスという)のゴム入りアスファルトである。

ゴム入りアスファルトの品質は、一義的には添加するゴムの品質と添加量によって決定されるが、従来のゴム入りアスファルトでは、その添加量が施工性などの面から3~5重量%程度とされていた。

これに対して、筑波1号は低ムーニー値と高ムーニー値の高品質のゴムをバランスよく配合することによって、4~10重量%まで添加できるとともに、高温および低温性状の改善が期待できるものとなっている。筑波1号を、アスファルト舗装要綱のプレミックスタイプゴム入りアスファルトの標準的性状、表-5と比べて見ると次のような特長を有しているといえる。

1) 軟化点が高い

2) 針入度の範囲を50~100としたのに、伸度(7°C)は50cm以上を確保している。

3) 骨材を被覆したときの粘着力及び把握力の指標であるタフネスおよびテナンティが大きい。

4) その他、施工性を評価するための200°C粘度、流動抵抗性を評価するための60°C粘度および低温性状を評価するためのフラスゼイ化点を試験項目に付け加えている。

一方、ゴム添加量を多くしていることから、高温粘度に制約は加えているものの、混合温度がストアスと比べてかなり高くなり施工面からは、好ましくない性状も有している。したがって、筑波1号の開発にあたっての、最大のポイントは、施工時にいかに一定温度以下で混合物を所定の密度に締固めるかにかかっているものといえる。

そこで、筑波1号を用いる場合の施工の方法を明確にした手引についても合わせて作成している。

あとがき

耐流動・耐摩耗舗装用ゴム入りアスファルトとして開発した筑波1号は、これまでの室内試験結果から、本研究のスタートにおいて掲げた供用性の目標を十分達成することが可能であるといえる。しかし、実道路での筑波1号の供用性の確認については、未だ実施していないことから、なるべく早い機会に試験施工を実施したいと考えている。

なお、筑波1号を用いた混合物の施工性について本号別稿“ゴム入りアスファルトを用いたアスファルト混合物の施工性”に紹介しているので参照されたい。

参 考 文 献

- 1) 日本道路協会：アスファルト舗装要綱，昭和53年年度改訂版
- 2) 飯島他：改質アスファルトの開発に関する検討，土木技術資料，26-4，1984。
- 3) 耐流動・耐摩耗舗装用ゴム入りアスファルトに関する研究委員会：耐流動・耐摩耗舗装用ゴム入りアスファルトの開発に関する研究報告書，昭和56年度57年度および58年度

ゴム入りアスファルトを用いたアスファルト混合物の施工性 —SBRを用いた筑波1号の転圧実験—

飯 島 尚* 池 田 拓 哉** 坂 本 浩 行***
寺 田 剛**** 小 川 功****

まえがき

耐流動・耐摩耗舗装用ゴム入りアスファルトの開発に関する共同研究を実施しているが、これまでに開発した“筑波1号”は、室内試験のバインダー（アスファルトあるいはアスファルトにゴムや樹脂を混合した材料を用いて混合物を製造する場合、これらの材料を通称バインダーという）および混合物試験結果から、研究当初に設定した耐流動・耐摩耗の供用性の目標を十分達成可能であるとの見通しが得られた¹⁾。

しかし、筑波1号は、室内のマーシャル試験、ホイールトラック試験およびラベリング試験結果では、ストレートアスファルト（以下、ストアスという）に比べ優れた耐流動、耐摩耗性を示す反面、ストアスにゴムを4～10重量%（固形分換算）含有させることから、高温粘度が高くなる傾向にある。

この現象は、多分に加熱混合、転圧などの施工時に支障を起こす可能性を含んでいるといえる。このうち、加熱混合性についてはこれまでに、実際のプラントで加熱混合性試験を実施した結果、混合温度はストアスに比べ高くなるものの実用上何らさしつかえないことを確認している。一方、転圧性状についても、筑波1号を実用化する上で、その性状を確認する必要が生じていた。

そこで、今回土木研究所舗装走行実験場において、筑波1号の転圧実験を実施した。この結果、転圧性状についても筑波1号は、転圧時の温度を高くする、転圧回数を増加することなどでストアスと同等の締固め度が得られることを確認した。

本文は、筑波1号の転圧実験結果について報告するものである。

1 実験概要

筑波1号を用いた混合物の転圧実験要領は、次のとおりである。

* 建設省土木研究所道路部舗装研究室長

** “ ” 舗装研究室研究員

*** “ ” 地質化学部化学研究室研究員

**** “ ” 化学研究室

Takashi Iijima, Takuya Ikeda, Hiroyuki Sakamoto, Masaru Terada and Isao Ogawa: Constructional Properties of Mixtures in Use of New Rubberized Asphalt “Tsukuba NO.1”

1) 実験場所および施工規模

実験場所は、舗装走行実験場の構内で実施した。その施工面積は、1工区幅2.5m×長さ10mとし、10工区総面積250m²である。

2) 使用バインダーおよび混合物種類

使用バインダーは、比較のためのストアス60～80および石油アスファルトに、ホット重合のムーニー値50のSBRラテックス5%とムーニー値140のSBRラテックス1%を併用して添加した筑波1号<sup>(50-50)
(140-1)</sup>の2種類で、その品質性状を表-5に示す。なお、筑波1号の基本的性状やホット重合、あるいはムーニー値等の説明は、本号別稿“ゴム入りアスファルトに関する室内試験”に記述しているので参照されたい。

混合物の種類は、密粒度アスコン(20)（以下、密粒(20)という）と密粒度アスコン(13)（以下、密粒(13)という）の2種類で、各混合物はアスファルト舗装要綱の中央粒度を目標に配合設計を行った。これらの混合物

表-1 使用バインダーの性状

バインダー種類 試験項目	ストレート アスファルト E-60～80	筑波1号 50-50 140-1	筑波1号 品質基準 (案)
針入度 (25°C)	73	68	50～100
軟化点 (°C)	47.5	65.0	57以上
伸び (7°C) cm	6	100+	50以上
蒸発後の針入度比 (163°C 5H)	107	106	110以下
薄膜加熱後の針入度 (180°C 2.5H)	—	62	—
薄膜加熱後の針入度 変化率 %	—	91	65以上
薄膜加熱後の軟化点 (180°C 2.5H) °C	—	63.5	—
引火点 (°C)	340	350	—
比重 (25°C/25°C)	1.030	1.027	—
三塩化エタン可溶分 %	99.8	95.70	—
タフネス kg·cm	49	124	100以上
テナシティ kg·cm	10	85	50以上
60°C 粘度 Poise	2140	13690	10000以上
200°C 粘度 cSt	—	172	300以下
薄膜加熱後の60°C粘度 (183°C 2.5H) Poise	—	16170	—
フラスコゼイ化点 (°C)	—	—10	—10以下

表-2 骨材配合比

骨 材 混合物種類	配 合 比 (%)						
	硬 質 砂 岩			川 砂		炭 酸 塩 酸 系 骨 材	
	5号砕石	6号砕石	7号砕石	粗 砂	細 砂	石 粉	
密 粒 (20)	22	24	10	15	23	6	
密 粒 (13)	—	10	15	15	23	6	

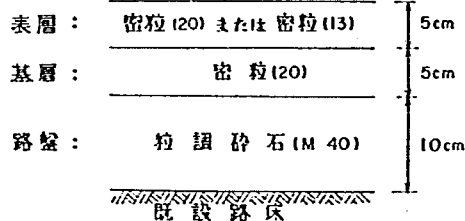


図-1 舗装構成

の骨材配合を表-2に示す。

3) 舗装構成

舗装構成は、図-1に示すよう既設路床の上に粒調砕石10cm厚の路盤を設け、基層は5cm厚の密粒(20)、表層は5cm厚の密粒(20)、または密粒(13)である。

4) アスファルトプラントおよび転圧条件

筑波1号の転圧実験は、舗装研究室のアスファルトプラント(最大容量20t/hr)を用いて、表-3に示すように混合物の種類、混合温度、締固め温度、転圧機械および転圧回数を変化させて行った。

なお、本実験では、路盤および基層条件を一定にして表層混合物を対象に、その転圧性状を把握することにした。

5) マーシャル試験

マーシャル試験は供試体の突固め回数を両面75回として、室内で設計アスファルトの設定を行うとともに、舗設時のプラント練り混合物についてもマーシャル試験を行い室内試験と対比した。

また、プラント練り混合物は、アスファルトの抽出試験を行い、アスファルト量と骨材粒度の確認を行った。

6) 転圧効果の確認試験方法

筑波1号の転圧効果は、表-3に示すような各種条件で転圧舗設された表層混合物をカットで所定の寸法に切り取り成型して、密度、ホイールトラッキング試験、ラベリング試験および曲げ試験を行い確認することとした。切り取り供試体混合物の試験方法および試験条件を表-4に示す。

7) 施工時および舗設後の混合物の目視調査

筑波1号の施工時および舗設後の混合の表面性状を目視調査して、ストアス混合物と対比した。

2 試験結果および考察

2.1 マーシャル試験(室内およびプラント混合物)

室内の最適アスファルト量(以下、OACという)におけるマーシャル試験結果を表-5に、舗設時におけるプラント混合物のマーシャル試験結果を表-6に示す。

室内のマーシャル試験結果から、筑波1号のOACはストアスと比べて、各混合物とも0.2%の差であり、ストアスとはほとんど同等であるといえる。OAC、空げき率などは、混合物種類間でその差が大きい、同一混合物では転圧条件が変わってもその差は小さい。安定度は、密粒(20)ではストアスが筑波1号と比べていく分高い値を示しているが、密粒(13)では逆に筑波1号がストアスと比べていく分高い値を示す。しかし、この差は65~130kg程度であり試験誤差などを考慮するとバインダー間の差はないといえる。

表-4 切り取り供試体の試験方法および試験条件

試験項目	試験方法	試験条件	試験回数
密度試験	アスファルト舗装要綱	見かけ密度	3個
ホイールトラッキング試験	"	60°C, 6.4kg/cm ²	3個
ラベリング試験	土木研究所基準	-10°C, チェーン打撃	3個
曲げ試験	本四舗装基準(案)	支点距離: 20cm ひずみ速度: 6.25×10 ⁻³ sec ⁻¹	3個

表-3 転圧実験条件

転圧条件		A (143M-9C)		B (170M-10C)		C (170M-15C)		D (170V-10C)		E (150V-12C)	
項 目											
バインダー種類		ストレートアスファルト		筑波1号 ⁽⁵⁰⁻⁵⁰⁾ ₁₄₀₋₁							
混合物種類	上層	密粒(20)	密粒(13)	密粒(20)	密粒(13)	密粒(20)	密粒(13)	密粒(20)	密粒(13)	密粒(20)	密粒(13)
	下層	密 粒 (20) (筑 波 1 号)									
混合温度 (°C)		155				190				170	
締固め温度(°C)		143				170				150	
転圧機械 および 転圧回数	初 転 圧	マカダムローラ(10t) 2 往復		マカダムローラ(10t) 3 往復		マカダムローラ(10t) 4 往復		振動ローラ(7t) (2 往復: 振動なし 1 往復: 振動あり)		振動ローラ(7t) (2 往復: 振動なし 1 往復: 振動あり)	
	2 次 転 圧	タイヤローラ(13.5t) 5 往復		タイヤローラ(13.5t) 5 往復		タイヤローラ(13.5t) 7 往復		タイヤローラ(13.5t) 5 往復		タイヤローラ(13.5t) 7 往復	
	仕上げ転圧	マカダムローラ(13.5t) 2 往復		マカダムローラ(10t) 2 往復		マカダムローラ(10t) 4 往復		振動ローラ(7t) 2 往復: 振動なし		振動ローラ(7t) 2 往復: 振動なし	

表-5 室内マーシャル試験の最適アスファルト量 (OAC) における値

バインダー種別	転圧条件	混合物種類	OAC (%)	密度 (g/cm ³)	空げき率 (%)	骨材開げき率 (VMA) (%)	飽和度 (%)	安定度 (kg)	フロー (1/100cm)	S/F (100kg/cm)
ストアス 60~80	A (143M-9C)	密粒(20)	5.0	2.401	3.4	15.1	77.5	1279	28	45.7
		密粒(13)	5.8	2.358	3.9	17.2	77.3	1054	30	35.1
筑波1号 (50-500 140-1)	B (170M-10C)	密粒(20)	5.2	2.371	4.3	16.3	73.6	1145	28	40.9
		密粒(13)	5.6	2.383	3.1	16.1	80.7	1119	30	37.3
	C (170M-15C)	密粒(20)	5.2	2.371	4.3	16.3	73.6	1145	28	40.9
		密粒(13)	5.6	2.383	3.1	16.1	80.7	1119	30	37.3
	D (170V-10C)	密粒(20)	5.2	2.371	4.3	16.3	73.6	1145	28	40.9
		密粒(13)	5.6	2.383	3.1	16.1	80.7	1119	30	37.3

表-6 プラント混合物のマーシャル試験結果

バインダー種別	転圧条件	混合物種類	OAC (%)	密度 (g/cm ³)	空げき率 (%)	骨材開げき率 (VMA) (%)	飽和度 (%)	安定度 (kg)	フロー (1/100cm)	S/F (100kg/cm)
ストアス 60~80	A (143M-9C)	密粒(20)	5.0	2.365	5.0	16.4	69.8	956	29	33.0
		密粒(13)	5.8	2.363	3.3	16.6	80.4	804	42	19.1
筑波1号 (50-500 140-1)	B (170M-10C)	密粒(20)	5.2	2.354	5.2	17.1	69.7	919	34	27.0
		密粒(13)	5.6	2.347	4.6	17.4	73.7	869	33	26.3
	C (170M-15C)	密粒(20)	5.2	2.354	5.2	17.1	69.7	919	34	27.0
		密粒(13)	5.6	2.347	4.6	17.4	73.7	869	33	26.3
	D (170V-10C)	密粒(20)	5.2	2.354	5.2	17.1	69.7	919	34	27.0
		密粒(13)	5.6	2.347	4.6	17.4	73.7	869	33	26.3

表-7 プラント混合物のアスファルト抽出試験結果

項目	混合物種類	密 粒 (20)			密 粒 (13)		
		A (143M-9C)	C (170M-15C)	D (170V-10C)	A (143M-9C)	C (170M-15C)	D (170V-10C)
設計アスファルト量 (%)		5.0	5.2	5.2	5.8	5.6	5.6
抽出後のアスファルト含有率 (%)		5.1	5.2	5.3	5.8	5.7	5.8

舗設時におけるプラント混合物のマーシャル試験結果から、筑波1号とストアスのマーシャル特性値を比べると、室内マーシャルより、密度、安定度はいく分低め、空げき率はいく分高めの値を示しているといえる。

また、プラント混合物の抽出試験を行い、アスファルト量と骨材粒度を確認した結果、各混合物とも、ほぼ設計どおりのアスファルト量および骨材粒度が得られていた。このうち、アスファルト量については表-7に示す。

2.2 転圧実験の施工温度管理

転圧実験の施工温度管理は、混合温度と締固め（初転圧）温度を設定して実施した。転圧実験の施工温度の実測値は、表-8に示すとおりである。

混合温度の実測値は、設定温度に対して転圧条件Eの密粒(20)では、2°C低い値となっているが、その他

の転圧条件では 3~9°C 高い値である。また、締固め温度の実測値は、設定温度に対して 1~3°C 低い値で行っているがこの程度の差であれば、ほぼ所定の温度で転圧されたといつてさしつかえないといえる。

2次転圧および仕上げ転圧温度は、特に設定しなかったがその実測温度は次のとおりである。

1) 2次転圧温度は、ストアスで 120~123°C、筑波1号で 100~130°C である。

2) 仕上げ転圧温度は、ストアスで 105~110°C、筑波1号で 70~90°C である。このうち、ストアスは明らかに高い温度で転圧されているといえる。

2.3 密度試験

表層混合物の切取り供試体の密度試験結果から、

プラント混合物のマーシャル試験の密度を基準密度として、締固め度を求めたものを図-2に示す。この結果から、転圧条件と締固め度の関係は次のとおりである。

1) 筑波1号は、転圧条件を選定することによって、ストアスと同等またはそれ以上の締固め度を得ることが可能である。

2) 締固め度は密粒(20)では98.9~101.0%、密粒(13)

表-8 転圧実験における施工温度実測値

区分	項目	混合物種類	転 圧 条 件				
			A (143M-9C)	B (170M-10C)	C (170M-15C)	D (170V-10C)	E (150V-12C)
実測温度 (°C)	混 合	密粒(20)	163	195	195	193	168
		" (13)	164	198	193	194	173
	敷きならし	" (20)	146	176	175	176	158
		" (13)	151	182	175	175	163
	初 転 圧	" (20)	144	168	170	169	149
		" (13)	145	170	170	170	147
	2 次 転 圧	" (20)	123	127	125	120	110
		" (13)	120	130	130	120	100
	仕 上 げ 転 圧	" (20)	110	90	74	85	90
		" (13)	105	70	72	75	85
設定温度 (°C)	混 合	" (20)	155		190		170
		" (13)					
	締固め(初転圧)	" (20)	143		170		150
		" (13)					

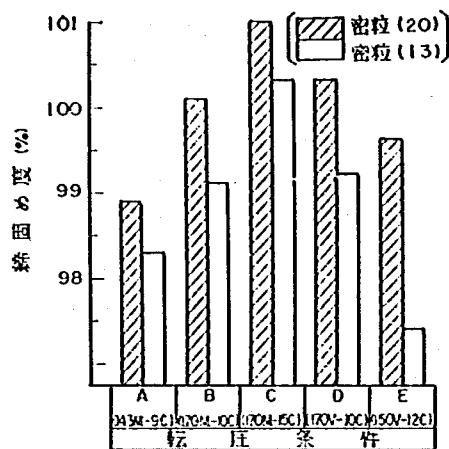


図-2 転圧条件と締固め度の関係

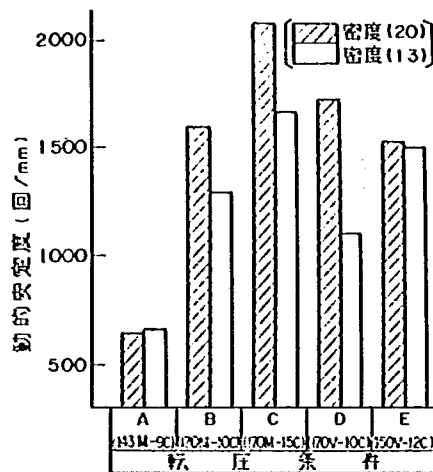


図-3 転圧条件と動的安定度の関係

では 97.4~100.3% の範囲にある。また、混合物種類間で差があり密粒(13)が密粒(20)に対して、明らかに低い値となっている。

3) 転圧条件BとCの対比から、締固め度は転圧回数が多いものの方が高い値が得られる。

4) 転圧条件BとDの対比から、初転圧に振動ローラを用いたものの方が、マカダムローラを用いたものより締固め度は若干高い値を得ている。

5) 転圧条件DとEの対比から、転圧温度を低くすると締固め度は低下する。この傾向は、密粒(20)よりも密粒(13)が特に強い。

2.4 ホイールトラッキング試験

表層混合物の切取り供試体のホイールトラッキング試験結果を図-3に示す。この結果から、転圧条件と動的安定度(以下、DSという)の関係は次のとおりである。

1) ストアスのDSは639~663回/mmの範囲、これに対して、筑波1号は1097~2078回/mmの範囲にあり、ストアスよりも約1.7~3.2倍高い耐流動性を示している。

2) ストアスでは密粒(13)と密粒(20)がほぼ同じDSを示している。しかし、筑波1号を用いた混合物では、すべての転圧条件ともDSは、密粒(20)の方が密粒(13)よりも高い値を示している。

3) 転圧条件BとCの対比から、DSは転圧回数が多く、締固め度の高いCの方が大きい値を示している。

4) 転圧条件BとDの対比から、DSは密粒(20)では初転圧に振動ローラを用いたものの方が、マカダムローラを用いたものより高い値を示している。しかし、密粒(13)ではこれとは逆に、マカダムローラを用いたものの方がDSは高い。

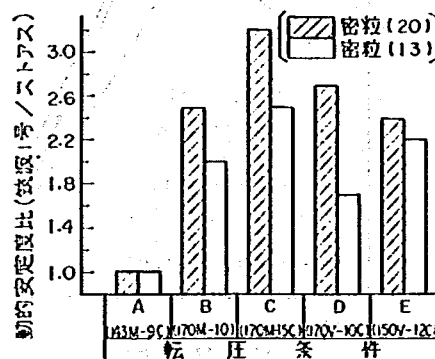


図-4 筑波1号のストアスに対する動的安定度比

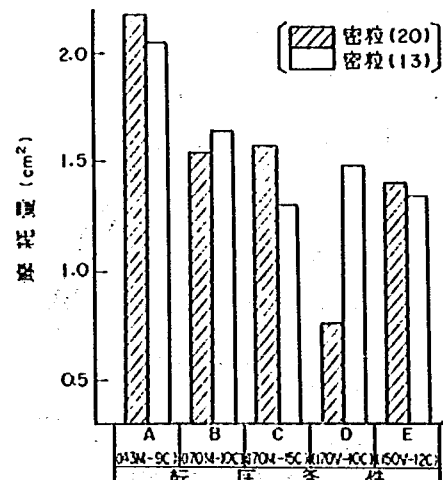


図-5 転圧条件と摩耗量の関係

5) 転圧条件DとEの対比では、DSは転圧温度を低くしても、密粒(13)のように転圧温度の低いものが転圧温度の高いものより高い値を示した。ただしこの場合には転圧回数が密粒(13)の方が多い。

ホイールトラッキングの試験結果から、筑波1号のストアスに対するDS比(筑波1号/ストアス)を求めると図-4のとおりである。筑波1号の開発目標として、耐流動はストアスに対して2倍程度

高まる。

DS比から見ると、転圧条件Dの密粒(13)で2以下のものがあるが、その他の転圧条件ではすべて2倍以上となっている。したがって、この転圧実験から判断すると開発目標は、ほぼ達成可能であるといえる。

2.5 ラベリング試験

表層混合物の切取り供試体のラベリング試験結果を図-5に示す。この結果から、転圧条件と摩耗量の関係は次のとおりである。

1) ストアスの摩耗量が2.15~2.18cm²の範囲であるのに対して、筑波1号は0.76~1.68cm²の範囲にあり、ストアスより約1.3~3倍耐摩耗に優れていることがわかる。

2) ストアスと転圧条件C、Eでは、密粒(13)の方が密粒(20)より摩耗量はやや小さい値を示すが、転圧条件B、Dでは、これとは逆に密粒(20)の方が密粒(13)より摩耗量は小さい。この傾向は振動ローラを用いた転圧条件Dで特に強い。

3) 転圧条件BとCの対比から、摩耗量は密粒(20)では同等であるが、密粒(13)では転圧回数の多いものの方

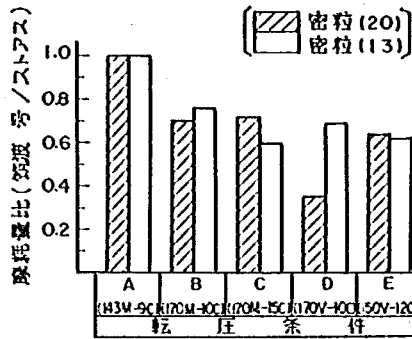


図-6 筑波1号のストラスに対する摩耗量比

が小さい値を示している。

4) 転圧条件BとDの対比から、摩耗量は初転圧に振動ローラを用いたものの方がマカダムローラを用いたものより小さい。この傾向は密粒(20)で顕著である。

5) 転圧条件DとEの対比から、摩耗量は密粒(13)のように転圧温度を下げて、転圧温度の高いものより小さい値を示しており、この結果からは転圧温度の影響はあまり明確ではない。

ラベリング試験結果から、筑波1号のストラスに対する摩耗量比(筑波1号/ストラス)を求めると図-6のとおりである。筑波1号の開発目標として、耐摩耗はストラスの8割程度におさえるとしているが、この結果から判断すると、筑波1号はすべての転圧条件で8割以下となっており、耐摩耗は耐流動と同様、開発目標を達成することが可能であるといえる。

2.6 曲げ試験

表層混合物の切取り供試体の曲げ試験結果を図-7～8に示す。この結果から転圧条件と曲げ破断強度(以下曲げ強度という)の関係は次のとおりである。

1) 筑波1号の曲げ強度は、試験温度10, 20°Cの一部においてストラスより小さいものもあるが、大部分はス

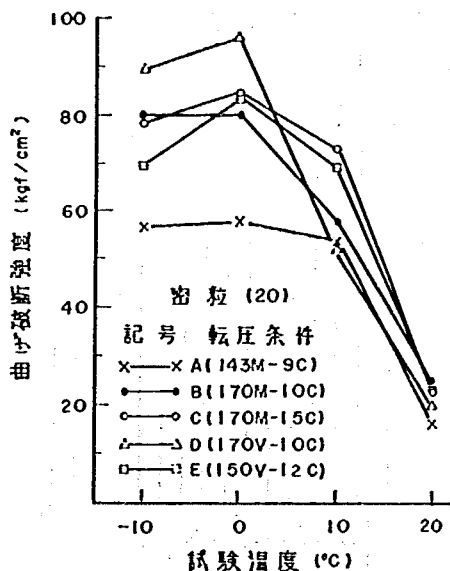


図-7 転圧条件と曲げ破断強度の関係(密粒(20))

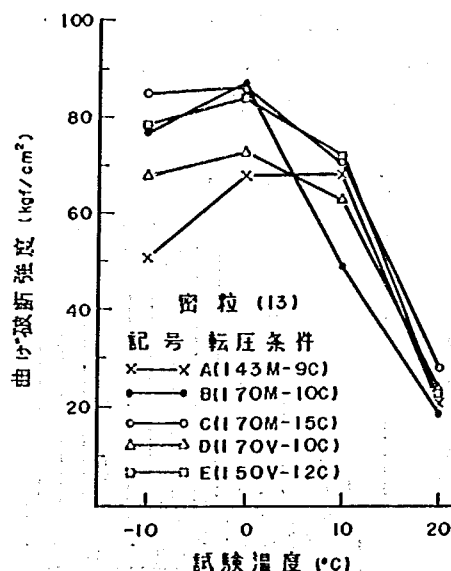


図-8 転圧条件と曲げ破断強度の関係(密粒(13))

トラスと同等かそれ以上の値を示している。

2) 混合物種類間の曲げ強度の差は、転圧条件および試験温度によって多少の違いはあるものの、おおむね密粒(13)と密粒(20)の値が同様であるといえる。

3) 転圧条件BとCの対比から、曲げ強度は各試験温度とも転圧回数の多いものの方が高い値を示している。

4) 転圧条件BとDの対比から、曲げ強度は密粒(20)、試験温度-10° 0°Cでは、初転圧に振動ローラを用いたものの方がマカダムローラを用いたものより高い値を示すが、試験温度10, 20°Cではこれとは逆に振動ローラを用いたものの方が小さな値となる。また、密粒(13)では、密粒(20)とは逆に試験温度-10, 0°Cは、初転圧にマカダムローラを用いたものの方が振動ローラを用いたものより曲げ強度は高くなる。しかし、試験温度10, 20°Cではこれとは逆にマカダムローラを用いたものの方が小さな値となる。

5) 転圧条件DとEの対比から、密粒(20)、試験温度-10, 0°Cでは転圧温度の高いものの方が高い曲げ強度を示すが、試験温度10, 20°Cではこの関係は逆転する。一方、密粒(13)では、各試験温度とも転圧温度の低いものの方が高い曲げ強度を有しているが、この理由として、転圧温度の低いものは、2次転圧におけるタイヤローラの転圧回数を多くしていることが考えられる。

2.7 施工時および舗設後の混合物の目視調査

筑波1号の施工時および舗設後の混合物の目視調査の結果は次のとおりである。

1) 筑波1号は、ストラスより5～35°C高い温度で混合したが、プラントでの混合に支障はなく、かつ練り上り混合物も特異な感じは認められなかった。

2) レイキによる敷きならしは、多少ストラスより重く感じられた。しかし、フィニッシャのスクリュースプレッダの送り、敷きならしは比較的スムーズで混合物の

ひきずりおよび分離は認められなかった。

3) 初転圧時の鉄輪への混合物の付着もなく、混合物の落ちつきもストラスと同等であった。ただし、振動ローラを用いたものは、路盤の状態が悪いため混合物の動きが大きかった。

4) 2次転圧時の転圧条件Bでは、タイヤローラに混合物が付着した。このため軽油をタイヤローラに塗布して転圧した。この結果、タイヤローラへの混合物の付着は完全に防止すること

表-9 筑波1号の転圧条件(案)

混合温度 (°C)	混合時間 (Wet. Mix. Sec)	初 転 圧		2 次 転 圧		仕 上 げ 転 圧	
		温度 (°C)	機 械 名	温度 (°C)	機 械 名	温度 (°C)	機 械 名
190	40	170	マカダムローラ(10t) 4往復	130	タイヤローラ(13.5t) 7往復	80	タンデムローラ(7t) 2往復

ができた。

5) 仕上げ転圧では特に問題は認められなかった。

6) 筑波1号の舗設後の表面状況は、ストアスと比べて混合物の色、きめ、一様性および平坦性とも特異に感じるところはなかった。

3 結 論

筑波1号の転圧実験結果の結論は次のとおりである。

1) マーシャル試験

室内のマーシャル試験結果から、筑波1号のOACおよび安定度はストアスと比べて、ほとんど差がないといえる。プラント混合物の安定度についても室内と同様の傾向にあるが、プラント混合のものは室内のものに比べて多少低い傾向であった。

2) 転圧実験の施工温度管理

混合および締固め温度は、施工時の実測温度から混合温度は高め、締固め温はほぼ所定の温度で施工されたと見える。

3) 密度試験

密度試験から求めた締固め度は、97.4～101.0%の範囲にある。これはアスファルト舗装要綱の96%以上を満足しており、全体としては良好な締固め度が得られているといえる。しかし、その値は混合物の種類および転圧条件によって異なり、筑波1号では、転圧温度と機械編成が同じであれば転圧回数の多いものが高い値を示していた。また初転圧に振動ローラを用いたものの効果は密粒(20)の摩耗性状の改善以外はあまり認められなかったが、これは路盤が悪かったことと混合物の厚さが5cmと薄かったことによるものではないかと考えられる。

4) ホイールトラッキング試験

筑波1号を用いた混合物のDSは、ストアスに対して約1.7～3.2倍高い。この値は、開発目標を十分満足するものである。

5) ラベリング試験

筑波1号を用いた混合物の摩耗量は、ストアスと比べて約24～65%減少する。この値は、耐流動と同様開発目

標を十分満足するものである。

6) 曲げ試験

筑波1号を用いた混合物の曲げ強度は、各試験温度ともストアスと同等かそれよりも高い値を示している。

7) 施工時および舗設後の混合物の目視調査

筑波1号の施工時および舗設後の混合物の表面状況はストアスと比べて何ら特異な点はないといえる。ただしタイヤローラでの転圧時に混合物がタイヤローラに付着することがあるので、これを防止するためタイヤローラには事前に軽油を塗布する必要がある。

以上の実験結果から、筑波1号の転圧条件をまとめると表-9のとおりである。なお、これらの転圧条件は今後の試験施工などによって、より適切な条件へと改めていく方針である。

あとがき

今回の転圧実験結果から、耐流動、耐摩耗舗装用として開発した筑波1号は、混合および転圧温度は高くなるもののストアスと同様既存の施工機械で施工できることがわかった。また、転圧後の舗設混合物を切取って、混合物試験を行った結果、混合物性状は、開発目標を十分達成できるものであることを確認した。

今後は、筑波1号の実道路での供用性の確認を早急に実施し、実用化を図っていくことが重要である。なお、筑波1号の供用性は、舗装走行実験場で試験施工を行い、現在供用性の調査を実施中である。これについては、調査結果が得られ次第機会を改めて報告することとしたい。

終りに、本実験を実施するにあたり多大の御協力を頂いた(財)土木研究センターおよび日本ゴムアスファルト協会の関係各位に謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 耐流動・耐摩耗舗装用ゴム入りアスファルトに関する研究委員会：耐流動・耐摩耗舗装用ゴム入りアスファルトの開発に関する研究報告書，昭和56年度，57年度および58年度

筑波1号舗装工事の手引

ISSN 0386-5878
土研資料第2204号
昭和60年3月(1985)
建設省土木研究所

要旨 重交通道路におけるアスファルト舗装の耐流動対策、寒冷地における耐摩耗対策として開発した筑波1号の設計手順をまとめたものである。



郵便はがき

四十円切手
を貼って下さい

305-□□

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所

舗装研究室
化学研究室
御中

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第2204号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名 印