

I S S N 0386-5878

土木研究所資料第2616号

土 木 研 究 所 資 料

各種改質アスファルトの品質性状試験

昭和63年3月

建設省土木研究所
地質化学部化学研究室

Copyright © (1988) 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、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

各種改質アスファルトの品質性状試験

化学研究室 室長 片 脇 清
主任研究員 坂 本 浩 行
寺 田 剛
小 川 功

要 旨

現在、アスファルト舗装の耐流動・耐摩耗対策として、各種の改質アスファルトが用いられている。これらの改質アスファルトは、種類も多く、その品質性状については必ずしも明らかになっていない。そこで、本資料は、これらの改質アスファルトの品質性状を明らかにすることを目的として試験を行い、その結果についてとりまとめたものである。

この結果、改質アスファルトは、ストレートアスファルトに比べてバインダー品質性状から判断すると、耐流動・耐摩耗対策として用いる場合には有効であるということがわかった。しかし、その品質性状は、添加する改質材の種類、添加量によって異なるため、使用目的によって適切に選択してゆくことが必要であるといえる。

キーワード：アスファルト舗装，耐流動，耐摩耗，改質アスファルト，品質性状

まえがき

近年、交通量の増加や車両の大型化によって交通荷重が増大し、アスファルト舗装では各種の供用性の問題が発生している。その中でも、特に大きな問題として重交通道路における耐流動対策、積雪寒冷地域における耐摩耗対策がある。これらの問題は、車両交通の安全性、道路環境の保全等からも社会的関心が高く、抜本的な解決策が望まれている。

我が国では、アスファルト舗装の耐流動・耐摩耗対策として、一般的には、設計アスファルトの量や混合物の粒度などの配合設計の工夫によって対応を図っているが、特にこれらの問題を重視する場合、アスファルト舗装要綱では改質アスファルトの使用を推奨している。しかし、改質アスファルトとはいっても、現在各種のものがあり、その品質性状は、ベースアスファルトの種類、添加する改質材の種類および添加量によって大幅に変化している。このためこれらの改質アスファルトを有効に利用するためには、その品質性状を的確に把握しておく必要がある。

本報告は、現在使用されている改質アスファルトの中から、代表的なものを選定して、その品質性状試験を行った結果を述べたものである。

目次

まえがき

1. 改質アスファルトの種類とその概要	1
2. 試験目的	2
3. 試料	2
4. 試験項目および試験方法	5
4. 1 針入度試験	6
4. 2 軟化点試験	7
4. 3 伸度試験	8
4. 4 蒸発後の針入度比試験	9
4. 5 薄膜加熱質量変化試験	10
4. 6 薄膜加熱後の針入度変化率試験	11
4. 7 三塩化エタン可溶分試験	12
4. 8 引火点試験	13
4. 9 比重試験	14
4. 10 タフネス、テナシティ試験	15
4. 11 60℃粘度試験	17
4. 12 粘度比	18
4. 13 高温粘度(140℃、180℃、200℃)試験	19
4. 14 顕微鏡観察	21
5. 試験結果および考察	22
5. 1 針入度試験	22
5. 2 軟化点試験	24
5. 3 伸度試験	26
5. 4 蒸発後の針入度比試験	29
5. 5 薄膜加熱質量変化試験	31
5. 6 薄膜加熱後の針入度変化率試験	34
5. 7 三塩化エタン可溶分試験	36
5. 8 引火点試験	38
5. 9 比重試験	40

5. 10	タフネス，テナシティ試験	42
5. 11	60℃粘度試験	45
5. 12	粘度比	47
5. 13	高温粘度（140℃、180℃、200℃）試験	49
5. 14	顕微鏡観察	53
6.	結論	59
7.	まとめ	61
8.	今後の課題	62

1. 改質アスファルトの種類とその概要

改質アスファルトは、アスファルト舗装の耐流動、耐摩耗等各種の用途に使用されているが、これらのものを分類すると次のとおりである。

- 1). セミブローンアスファルト
- 2). ゴム入りアスファルト
- 3). 熱可塑性樹脂入りアスファルト
- 4). ゴム・熱可塑性樹脂入りアスファルト

また、これらの改質アスファルトの概要を述べると次のとおりである。

①. セミブローンアスファルト

セミブローンアスファルトは、石油アスファルトにブローイング操作を加え、60℃粘度を高めたもので、流動対策に用いられている。一方、粘度を高めたことで、ひび割れに対する懸念もあるが、これは60℃粘度および薄膜加熱試験前後の粘度比を厳密に管理することで対応できることが試験舗装の結果から明らかにされている。

②. ゴム入りアスファルト

ゴム入りアスファルトは、工場等であらかじめアスファルトにゴムを混合溶解したブレミックス方式のものとプラントでアスファルト混合物を製造する時にゴムを添加するプラントミックスタイプの二つに分けられる。添加するゴムとしてはSBR（スチレン・ブタジエンゴム）、NR（天然ゴム）、SIR（スチレン・イソプレンゴム）、CR（クロロプレンゴム）等のゴムラテックスまたはゴム粉末等があるようである。また、ゴムの添加量としては、ゴム固形分換算で3～5%程度である。

ゴム入りアスファルトの特徴としては、ストレートアスファルトと比べて低温伸度、タフネス・テナシティ、低温ぜい性、60℃粘度等が改善されることから、耐流動および耐摩耗舗装用として各機関で広く用いられている。

③. 熱可塑性樹脂入りアスファルト

熱可塑性樹脂入りアスファルトは、石油アスファルトにEVA（エチレン・酢酸ビニル共重合体）、EEA（エチレン・エチルアクリレート共重合体）、PE（ポリエチレン）等の熱可塑性樹脂を加え高温域の変形抵抗性の改善を図ったもので、主として流動対策に用いられている。しかし、高温域の変形抵抗性を重視し、熱可塑性樹脂の添加量を増加すると、低温域の性状は低下するので添加量には限界がある。

④. ゴム・熱可塑性樹脂入りアスファルト

ゴム・熱可塑性樹脂入りアスファルトは、石油アスファルトにゴムと熱可塑性樹脂の両者を添加し、高温域の性状改善を図ったもので、流動および摩耗対策に用いられている。なお、最近ではゴムと樹脂の両者の特性を兼ね備えたSBS（スチレン・ブタジエンブロックポリマー）、SIS（スチレン・イソプレンブロックポリマー）等の熱可塑性エラストマーを添加したものも用いられている。

2. 試験目的

現在、各種の改質アスファルトが使用されているが、その品質性状は必ずしも明確とはなっていない。改質アスファルトの有効利用を図るためには、これらの品質性状を明らかにし、その特徴を生かした使い方が必要である。本試験では、各種改質アスファルトがどのような品質性状を有し、どのような用途に適しているのかを明らかにすることを目的として品質性状試験を行った。

3. 試料

今回の試験に用いた試料は、表-1に示すように改質アスファルト28試料と比較のためのストレートアスファルト60~80の1試料の合計29試料である。

試料は、プレミックスタイプのは、製品をそのまま試験に用いた。一方、プラントックタイプのは、試料名28のストレートアスファルトに改質材を規定量添加して改質アスファルトを作製した。その時の作製条件を表-2に、作製方法の模式図を図-1に示す。

表-1

試料一覧表

試料名	メーカー名	種 類	区 分	改質材 の 種 類	用 途					
					耐流動	耐摩耗	橋面舗装	すべり止め	薄装 (舗装)	
1	A	セミブローンアスファルト			○					
2		セミブローンタイプアスファルト			○	○				
3	B	ゴム入りアスファルト	プレミックス	SBR	○	○				
4	C			SBR					○	
5				SBR				○		
6				D	SBR				○	○
7	E			SBR	○	○				
8	F		SBR	○						
9			SBR	○						
10	G		SBR	○	○					
11			SBR	○	○					
12	H		SBR	○			○			
13			SBR+CR		○					
14	I		熱可塑性樹脂入りアスファルト	プレミックス	SIS	○	○			
15					SIS	○	○			
16	J	プラントミックス		SBS	○	○		○		
17	K			EEA	○	○		○		
18	B	ゴム・熱可塑性樹脂入りアスファルト	プレミックス	EVA+SIS+SBR	○			○		
19				EVA+SIS+SBR	○	○				
20	C			SBR+SIS+EVA	○	○				
21				SBR+SIS+EVA	○	○				
22	D			SBR+EVA	○	○				
23				SBR+SBS	○	○				
25	A		SBR+SBS+EVA	○	○		○	○		
24	D		SBR+7A+7F 樹脂					○		
26	L		プラントミックス	EEA+CR	○	○		○		
27				EEA+CR	○	○				
28	J			SBR系	○	○		○		
29	ストレートアスファルト 60~80									

表-2 試料作製条件

項 目	条 件
原料アスファルト量	1.5 Kg
混合温度	165 ± 5 °C
改質材添加時間	15 ~ 30 分
攪拌時間	45 ~ 60 分
攪拌速度	300 rpm
羽根の位置	試料液面より 5 cm 下

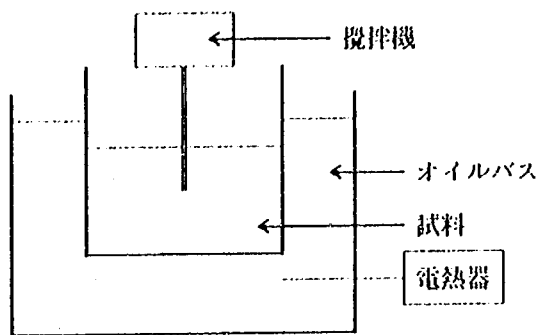


図-2 試料作製模式図

4. 試験項目および試験方法

改質アスファルトの試験項目および試験方法を表-3に示す。品質性状試験としては針入度、軟化点、伸度、蒸発後の針入度比、薄膜加熱質量変化、薄膜加熱後の針入度変化、三塩化エタン可溶分、引火点、比重、タフネス・テナシティ、60℃粘度および粘度比、140,180,200℃粘度の15項目について行った。また、添加している改質材の相溶性を判断するため顕微鏡による観察を行った。なお、これらの試験における各試験項目における試験目的および試験方法の詳細は以下のとおりである。

表-3 試験項目と試験方法

試 験 項 目	試 験 方 法	備 考
針 入 度	J I S K 2 2 0 7	
軟 化 点	J I S K 2 2 0 7	
伸 度	J I S K 2 2 0 7	試験温度7℃
蒸発後の針入度比	J I S K 2 2 0 7	
薄膜加熱質量変化	J I S K 2 2 0 7	163℃で5h加熱
薄膜加熱後の針入度変化	J I S K 2 2 0 7	〃
三塩化エタン可溶分	J I S K 2 2 0 7	
引火点	J I S K 2 2 6 5	
比重	J I S K 2 2 4 9	25℃/25℃
タフネス・テナシティ	日本ゴムアスファルト協会規準	
60℃粘度	土木研究所基準	
粘度比	土木研究所基準	
140℃粘度	J I S K 2 2 0 7	
180℃粘度		
200℃粘度		
顕微鏡観察	土木研究所法	

4. 1 アスファルトの針入度試験

1) 目的

針入度は、アスファルトが使用目的に適した硬さを有するか否かを確かめるための試験である。

針入度試験はアスファルトの性状に関する試験の代表的なものの一つで、一定条件のもとで試験を行い標準針の試料中への貫入量を0.1 mm単位で表したものである。現在、アスファルトの硬さの程度は、針入度で分類されている。

2) 試験方法

試験方法は J I S K 2207 に準拠する。

- (1). 試料の溶融は、間接溶融により十分に流動性を有し、均質になるまで行う。
- (2). 均質に溶融した試料を内径約55mm、深さ約35mmの金属性の容器2個に流し込み、室温で1～1.5時間放置させる。
- (3). 室温で放置させた試料を $25 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ に保った恒温水そう中へ1～1.5時間入れておく。
- (4). 温度 25°C 、総重量100g、貫入時間5秒で試験を行う。
- (5). 同一試料容器について、3回針入度を測定し、最大値と最小値との差が、平均値に対して規定された許容差以内ならば、平均値を整数に丸めて針入度として報告する。

4. 2 アスファルトの軟化点試験（環球法）

1) 目的

アスファルトは加熱され温度が上昇していくと次第に軟らかくなり始める。このようにアスファルトは温度の変化に伴って硬さが変化するため、一定条件のもとでの硬さを規定しておく必要がある。

2) 試験方法

試験方法は J I S K 2207 に準拠する。

- (1). 試料の部分的な過熱をさけ、あわがは入らないようにかきまぜながら溶融する。
- (2). 均質に溶融した試料を、試料とほぼ同温度に加熱したリングに注ぎこむ。
- (3). 軟化点80℃以下の試料は20分間、それ以上の試料は40分間室温で冷却し、リングの余分な試料は暖めたナイフで削り取る。
- (4). 5℃の蒸留水を入れた軟化点試験器に試料をいれる。
- (5). 試料の入ったリングを一定時間冷却後、球を試料上面の中央にのせ試験を開始する。
- (6). 毎分 5 ± 0.5 ℃の割合で温度が上昇するように加熱する。試料がしだいに軟化して伸び、規定距離（25.4mm）までたれ下がったときの温度を求めそれを軟化点とし、0.5℃まで報告する。

4. 3 伸度 (7℃) 試験

1) 目的

伸度は、アスファルトが、使用目的に適した伸びを有するかどうかを確かめるためのものである。試験は、アスファルトを規定の型枠に流し込み一定温度の水中で一定速度で引張り、試料が切断されるまでの長さを表したものである。

2) 試験方法

試験方法は J I S K 2207 に準拠する。

- (1). 試料を溶融して十分にかき混ぜて均質にする。
- (2). シリコングリース等を塗布した黄銅板と型枠へ試料を流し込みこれを室温で30分間冷却する。
- (3). 試料を試験温度で30分間保った後、型枠上面の過剰の試料を暖めたナイフで削り取ったのち再び試験温度で90分間保つ。
- (4). 試験温度 7℃、引き伸し速度 5 cm/min で伸度試験を行い、アスファルトが切れたときの指針を読み取る。
- (5). 試験は 3 回行い、平均値を伸度として報告する。

4. 蒸発後の針入度比試験

1) 目的

アスファルトは、使用されるまで高温で貯蔵されている。そのような状態に長時間保たれると揮発分が蒸発したり、空気中の酸素の影響を受け、アスファルトの性状が変化する可能性がある。このように加熱前後の性状が著しく異なることはアスファルトにとって好ましいことではないので、予めその程度を調べておく必要がある。この試験は蒸発量試験を行った後、1個は静置、もう1個は攪拌した条件で針入度を求め、性状の変化の度合をみるものである。

2) 試験方法

試験方法は J I S K 2207 に準拠する。

- (1). 2個の試料容器に溶融試料50g をそれぞれ採取し、それを恒温空気浴の回転盤上に載せたのち、回転盤を 5 ～ 6 rpm の速さで回転させ、163℃で 5 時間保つ。
- (2). 5 時間保った試料 1 個を泡がたたないようにかきまぜ、もう 1 個の試料は室温でそのまま 90 分放置する。これを 25℃ の水中に入れ、90 分放置後、2 個の試料について針入度試験を行う。
- (3). 次の式により針入度比を求める。

$$P_p = \frac{P_b}{P_a} \times 100$$

P_p : 蒸発後の針入度比 (%)

P_a : かき混ぜた試料の針入度

P_b : かき混ぜない試料の針入度

4. 5 薄膜加熱質量変化試験

1) 目的

アスファルトプラントにおける加熱混合時のアスファルトの熱劣化を評価するための試験である。試験は、アスファルトを皿状の容器に入れ薄膜状にし、これを高温空気中にさらすことによりアスファルトの熱劣化の度合を調べようとするものである。

2) 試験方法

試験方法は J I S K 2207 に準拠する。

- (1). 試料を溶融し、均一にする。
- (2). 溶融した試料を質量を 0.01g まで計った 2 個以上の清浄な試料容器へ流し込む。流し込む質量は、試料 50cc に相当するものとし、室温で冷却した後、量を 0.001g まで正確に秤る。
- (3). 薄膜加熱試験装置で、163℃ で 5 時間行う。
- (4). 試料を室温まで冷却し質量を 0.001g まで秤る。
- (5). 質量変化を百分率で求める。

$$\text{薄膜加熱質量変化} = \frac{W - W_s}{W_s} \times 100$$

W_s : 試料質量 (g)

W : 薄膜加熱後の質量 (g)

4. 6 薄膜加熱後の針入度比試験

1) 目的

アスファルトプラントにおける加熱混合時のアスファルトの熱劣化を評価するための試験である。

2) 試験方法

試験方法は J I S K 2207 に準拠する。

- (1). 薄膜加熱質量変化を測定した試料を 163 ℃ の恒温槽に 15 分間置き溶融する。溶融した試料を 200ml のビーカーに入れる。このときできるだけ容器から試料を取出す。
- (2). 取出した試料を完全に溶融させ十分にかき混ぜる。
- (3). 溶融した試料で針入度を求める。
- (4). 薄膜加熱後の針入度変化率を次式により求める。

$$P_p = \frac{P_R}{P_o} \times 100$$

P_p : 薄膜加熱後の針入度変化率 (%)

P_o : 加熱前の針入度

P_R : 加熱後の針入度

4. 7 三塩化エタン可溶分試験

1) 目的

三塩化エタン可溶分試験は、アスファルトに含まれている不純物の量を測定するために行うものである。

2) 試験方法

試験方法は J I S K 2207 に準拠する。

- (1). 200 ml の三角フラスコに試料を約 2 g 取り、それを 0.001g まで正確にはかる。
- (2). 三角フラスコをふりながら三塩化エタン 100 ml を少量ずつ加え、試料を溶解する。
- (3). 一定質量となるまでフィルターを乾燥させ、0.001g まで計量する。
- (4). ろ過装置に取り付けたフィルターを少量の三塩化エタンでぬらし、三塩化エタン溶液を傾斜法によって漏斗中に流し込む。吸引の強さを加減しながら徐々に吸引する。
- (5). 漏斗内壁およびフィルターをろ液が無色になるまで洗浄する。
- (6). 十分に吸引して三塩化エタンを除いたのち、フィルターを取外し、一定質量となるまで乾燥させ、0.001g まで計算する。
- (7). 三塩化エタン可溶分を次式より求める。

$$A = 100 - [(B/C) \times 100]$$

A : 三塩化エタン可溶分 (%)

B : 不溶分の質量 (g)

C : 試料の質量 (g)

4. 8 引火点試験

1) 目的

アスファルトを加熱すると表面からガスが発生してくる。溶融する温度が極端に高かったり加熱方法が不適当な場合はアスファルトは引火して火災をひき起こす恐れがある。引火点試験はアスファルトを安全に加熱できる温度の限界を知るために行うものである。

引火点試験は、規定の容器に試料をとり、規定の速さで加熱すると、ある温度で可燃性のガスが発生するようになり、表面に炎を近づけると引火する。この温度を引火点という。

2) 試験方法

試験方法は J I S K 2265 に準拠する。

- (1). 試料を溶融させ容器の標線まで満たす。
- (2). 試験炎管に点火し、直径 4 mm の炎になるように調節する。毎分 $5.5 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ の割合で試料を加熱する。
- (3). 予期引火点温度 30°C 前から 2°C 上昇するごとに試験炎を動かし、15cm 以上の弧を描くように動かす。
- (4). 試料の表面に明瞭な引火が認められたならば、これを引火点とする。

4. 9 比重試験

1) 目的

比重はアスファルトの規格に入っていないがアスファルト混合物の配合設計を行う場合、締固めたアスファルト混合物の空げき量や飽和度の計算に用いる。

2) 試験方法

試験方法は J I S K 2249 に準拠する。

- (1). 洗浄し、よく乾燥したハーバード比重ビン を 0.001g まで秤る。
- (2). 比重ビンに蒸留水を満たし、25℃ の水槽に 30 分間浸した後、比重ビンの水面を標線まで裕、外側の水分をぬぐいとり、質量を秤る。
- (3). 蒸留水をすて乾燥させた比重ビンの中に試料を入れ、デシケーターで 1 時間放冷させた後質量を秤る。
- (4). 試料の入った比重ビンへ蒸留水を入れ、25℃ の水槽へ 30 分間浸す。比重ビンの水面を標線に合わせ外側の水分をふきとり質量を秤る。

試料の比重は次式により求める。

$$\text{比重 [25/25 } ^\circ\text{C]} = \frac{W_H - W_B}{W_A - W_B - (W_F - W_H)}$$

ここに W_A : (比重ビン + 蒸留水) の質量

W_B : 比重ビンの質量

W_F : (比重ビン + 試料 + 蒸留水) の質量

W_H : (比重ビン + 試料) の質量

同一人同一装置における 2 回の試験結果の差が 0.005 以下であること。

4. 10 アスファルトのタフネス・テナシティ試験

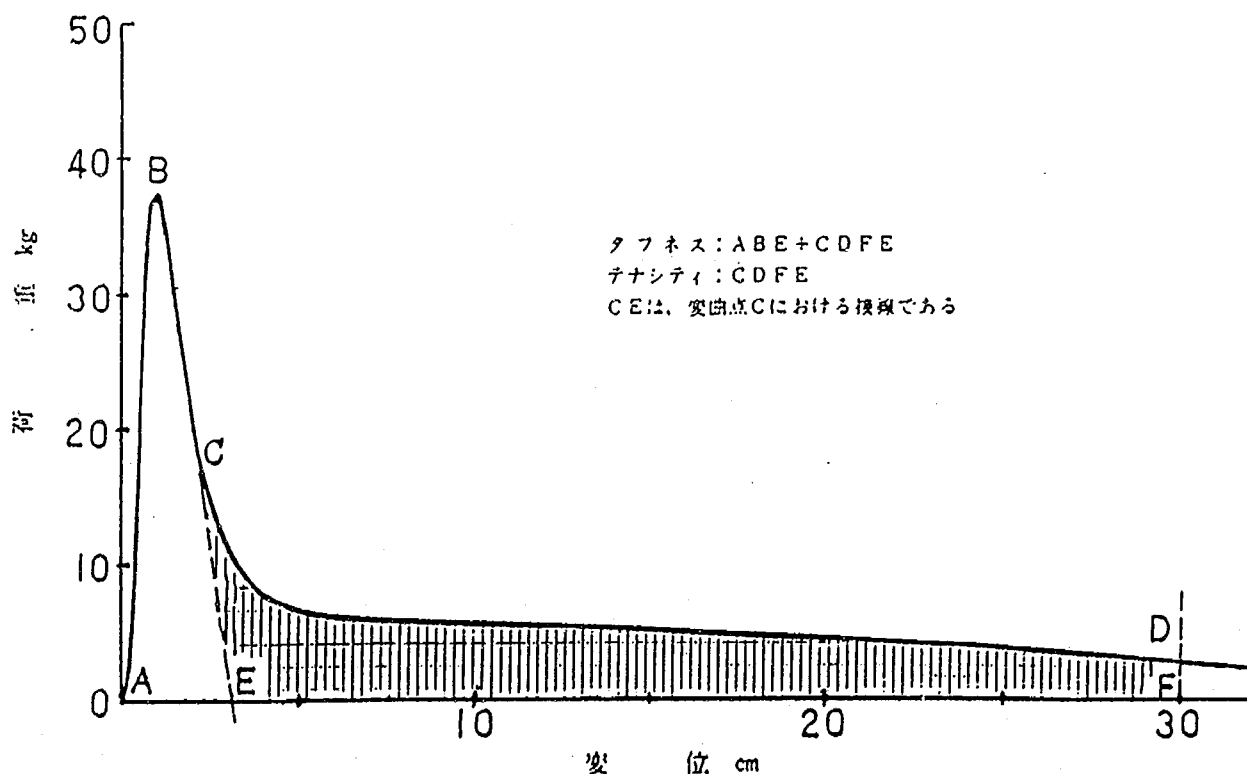
1) 目的

アスファルトの凝集力（タフネス）と粘着力（テナシティ）を測定しようとするものである。

2) 試験方法

試験方法はベンソン法に準拠する。

- (1). 試料容器に170℃以下で熔融したアスファルトを50g採取する。
- (2). 直ちにテンションヘッドを採取した試料の中に入れ、半球平面と試料面が同じ高さとなるように取り付ける。
- (3). 室温で30分放置し、テンションヘッドと試料面を再調整し、再び室温で90分放置後、25℃に保った水中へ90分放置する。
- (4). 試料を水中より取り出し直ちに500mm/minの引張り速度で、300mm以上の伸びとなるよう試験を行なう。
- (5). 荷重－変位曲線を描く。チャートスピードは500mm/minで行う。
- (6). 荷重－変位曲線より、試料の伸びが300mmのときの、タフネス、テナシティを質量法により求める。このとき質量は0.001gまで求める。



タフネス・テナシティ荷重－変位曲線（一例）

(7). 試料のタフネス、テナシティを次式により求める。

$$\text{タフネス (kg} \cdot \text{cm)} = \frac{\text{チャート (ABCDFA) の質量 (g)}}{1 \text{ kg} \cdot \text{cm のチャートの質量 (g)}}$$

$$\text{テナシティ (kg} \cdot \text{cm)} = \frac{\text{チャート (ABCDFA) の質量 (g)}}{1 \text{ kg} \cdot \text{cm のチャートの質量 (g)}}$$

試験を 2 回行ない平均値を整数で丸める。

4. 1.1 60℃粘度試験

1) 目的

アスファルト舗装の共用性の問題として、わだち掘れがあげられる。アスファルトの性状のうち60℃粘度がわだち掘れと最も相関性が良いと言われており、わだち掘れに対する抵抗性をあらかじめ予測するため、アスファルトの60℃粘度を求めるものである。

アスファルトの60℃粘度測定方法としては、減圧毛管粘度計、共軸二重円筒回転粘度計、平行板型粘度計などによる方法があるが、今回の試験では減圧毛管式粘度計を用いることとした。

2) 試験方法

試験方法は土木研究所基準に準拠する。

- (1). 試料を180℃を越えない範囲で流動性を持つまで乾燥器で溶融させる。
- (2). 170℃に保った乾燥器へ洗浄した粘度管と溶融した試料を同時に30分間加熱する。
- (3). 乾燥器より粘度管と試料をとり出し、粘度管へ試料を標線まで注ぎ込む。それを直ちに170℃に保った乾燥器へ10分間静置させる。
- (4). 乾燥器より試料の入った粘度管を取り出し、室温で2分間放置後、 $60 \pm 0.01^\circ\text{C}$ に保った水槽へ、粘度管の最上部の標線が水面下20mm以上になるように水没させ、30分間放置させる。次に、これを300mmHgに保った減圧装置と粘度管を接続させる。ただし、この操作は、減圧装置のコックが閉じていることを確認したうえで行なう。
- (5). 30分後、減圧装置のコックを開き試験を開始する。各標線間を試料が流れる時間をストップウォッチで0.1秒まで計る。

標線間を流れる時間が最初に60秒を越えた時間により粘度を求める。

- (6). 粘度を次式により求める。

$$\text{絶対温度 (poise)} = K \cdot t$$

K : 粘度管の標線間係数

t : 標線間を流れるのに要した時間 (sec)

粘度は、3本の測定値を平均し有効数字3ケタに丸める。

4. 1 2 粘度比試験

1) 目的

薄膜加熱試験前後の60℃粘度を測定し、その比（薄膜加熱後の60℃粘度／薄膜加熱前の60℃粘度）を求めることにより、アスファルトプラントでの加熱混合や供用中のアスファルトの劣化の程度を調べる。

粘度比が小さいと耐流動性が悪く、粘度比が大きすぎるとひび割れが発生するといわれている。

2) 試験方法

- (1). 180℃を越えない温度で資料を溶解し、薄膜加熱用試料器に50±0.5gの試料を採取する。
- (2). 4.5の薄膜加熱試験に従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163℃の恒温槽内の回転盤上におき、15分回転させ試料を溶解させる。溶解させた試料は、100ccのビ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、4. 11の60℃粘度試験手順と同様に行い、結果を報告する。
- (5). 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。

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

4. 1 3 高温粘度(140、180、200℃) 試験

1) 目的

高温動粘度を測定することにより、混合物の混合温度や混合物を転圧する際の作業性を調べる。

2) 試験方法

試験方法は J I S K 2207 に準拠する。

- (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溶融し、均一になるようにする。
- (2). 試料を最低50ml以上適当な容器に移し、試験温度 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 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74 μm の網ふるいでこす。
- (4). 試験温度における試料の推定動粘度から、流出時間が200 秒以上、1000秒以下になる粘度計を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). 恒温浴槽内の温度は、試験温度 $\pm 0.03^{\circ}\text{C}$ 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 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ に保った2本の粘度計を逆さにして上部通気間の口を試料中につけ、保持器取付け管から吸引して試料を上部試料だめ球に満たし、試料メニスカスが試料採取標線に一致するまで試料を引き上げ、上記通気管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、毛管が鉛直になるように設置し、試料が毛管を流下し、下部試料だめ球の容量の約1/2に達したら、一端を閉じた適当な長さのゴムをはめ、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、恒温浴槽中に放置する。
- (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、測時標線間を通過する時間を、0.1秒単位まで読み取る。もし、測時標線間の流出時間が(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). 粘度計の流出時間から、動粘度を算出し、その平均値を求める。

13) 動粘度は次式によって計算し、有効数字3けたに丸める。

$$\nu = C t$$

ここに、 ν : 動粘度 (c S t) {mm² / s}

C : 粘度計定数 (c S t / s) {mm² / s²}

t : 流出時間 (s)

4. 1 4 顕微鏡観察

1) 目的

改質アスファルトはアスファルトと改質材より構成されている。顕微鏡観察は、アスファルト中の改質材の溶存状態を知るために行う。

2) 試験方法

(1). プレパラート作製方法

スライドガラスとガラス棒（直径 5 mm）を 150 °C に保った乾燥器に入れ加熱する。加熱したガラス棒でアスファルトを少量取り、加熱したスライドの中心部に少量付け、すばやくカバーガラスを乗せ、150 °C に保った乾燥器に入れ一分間放置した後取り出し、室冷させプレパラートを作製する。

(2). 撮影方法

作製したプレパレート顕微鏡の試料台に乗せ、倍率を 100～400 倍の中から適宜選び観察を行う。光源は、透過型とする。

今回使用した顕微鏡はオリンパス VAN-DX 工学顕微鏡で、撮影装置は PM 10-A を使用した。

5 試験結果及び考察

改質アスファルトの性状試験結果および考察を以下に示す。

5. 1 針入度試験

針入度試験の結果を表-4と図-2に示す。

この結果から、針入度は、大部分40~70の範囲であるが一部に40以下や70を超えるものがあった。

表-4 針入度試験結果

試料名	針入度	平均	試料名	針入度	平均	試料名	針入度	平均
1	3 4	3 4	11	5 3	5 3	21	5 4	5 4
	3 3			5 3			5 4	
2	4 4	4 4	12	4 5	4 4	22	7 3	7 4
	4 4			4 2			7 4	
3	6 5	6 5	13	5 0	4 9	23	5 7	5 7
	6 5			4 8			5 7	
4	1 0 5	105	14	5 5	5 5	24	1 2 4	124
	1 0 5			5 5			1 2 4	
5	6 3	6 3	15	5 9	5 9	25	4 7	4 8
	6 3			5 9			4 8	
6	6 7	6 8	16	4 7	4 7	26	4 8	4 7
	6 8			4 6			4 5	
7	6 5	6 5	17	2 7	2 6	27	7 3	7 3
	6 5			2 5			7 3	
8	5 3	5 3	18	6 0	6 0	28	4 9	4 9
	5 3			6 0			4 9	
9	5 1	5 2	19	5 7	5 8	29	6 1	6 1
	5 2			5 8			6 0	
10	5 5	5 5	20	6 0	6 0			
	5 5			6 0				

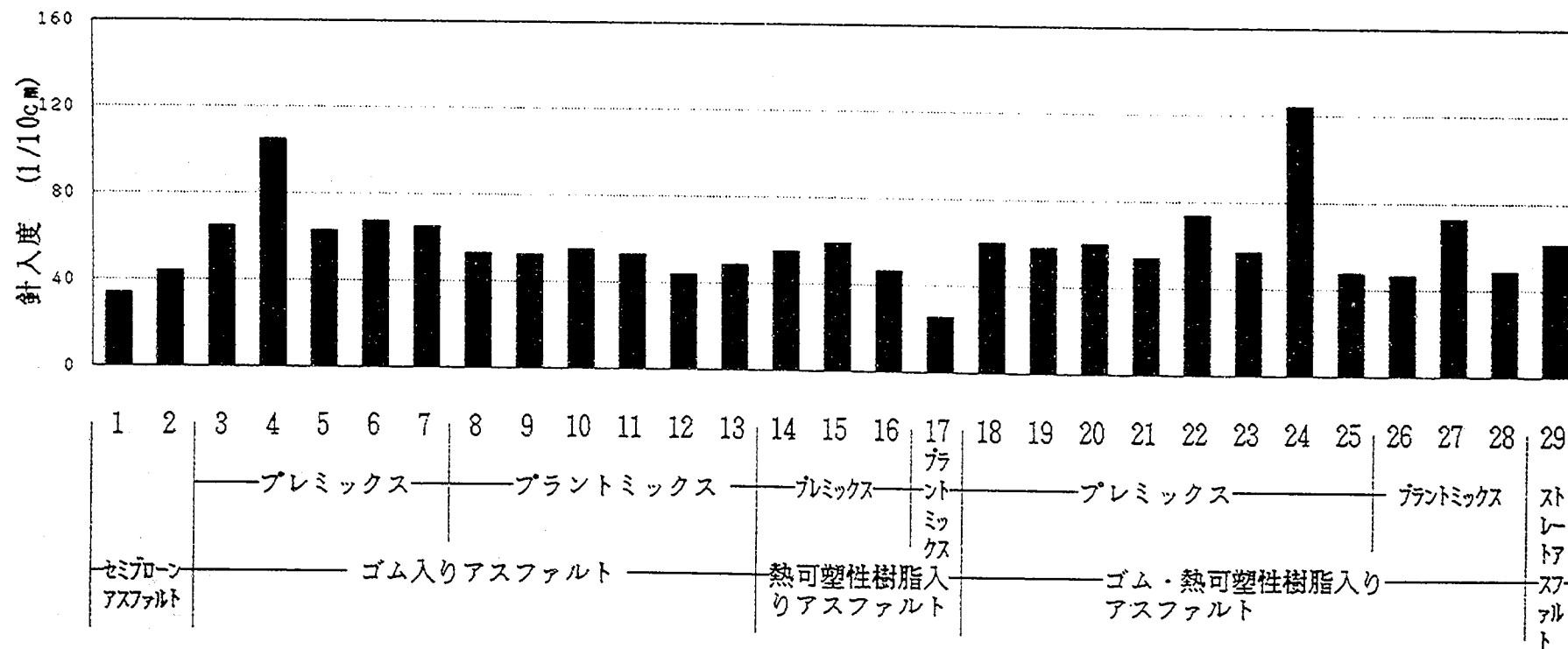


図-2 針入度試験結果

5. 2 軟化点試験

軟化点の試験結果を表-5と図-3に示す。これより、耐流動性の指標である軟化点は一番低いもので試料各24の42.5℃とストアスより低いものから、一番高いもので試料名17の79.5℃とセミブローンアスファルトより1.5 倍も高い値を示すものまで広範囲に分布している。また、改質アスファルト種類別の平均は、ゴム入りアスファルト53.6℃、熱可塑性樹脂入りアスファルト49.6℃、ゴム・熱可塑性樹脂入りアスファルトは53.5℃であった。

表-5 軟化点試験結果

試料名	軟化点 (℃)	平均	試料名	軟化点 (℃)	平均	試料名	軟化点 (℃)	平均
1	55.2	55.0	11	52.3	52.0	21	58.2	58.0
	55.1			52.2			58.2	
2	55.8	55.5	12	57.0	57.0	22	52.1	52.5
	55.6			56.8			52.5	
3	52.4	52.5	13	55.0	55.0	23	56.2	56.0
	52.5			54.8			56.1	
4	45.5	45.5	14	51.2	51.0	24	42.5	42.5
	45.5			51.2			42.5	
5	49.1	49.0	15	51.3	51.5	25	57.2	57.0
	49.2			51.4			57.3	
6	49.1	49.0	16	56.4	56.5	26	52.0	52.0
	49.1			56.5			52.1	
7	62.5	63.0	17	79.5	79.5	27	47.4	47.5
	63.0			79.6			47.6	
8	58.2	58.0	18	64.0	64.0	28	55.0	55.0
	58.1			64.0			54.6	
9	54.0	54.0	19	53.2	53.5	29	47.4	47.0
	53.8			53.3			47.2	
10	54.6	54.5	20	50.2	50.0			
	54.6			50.2				

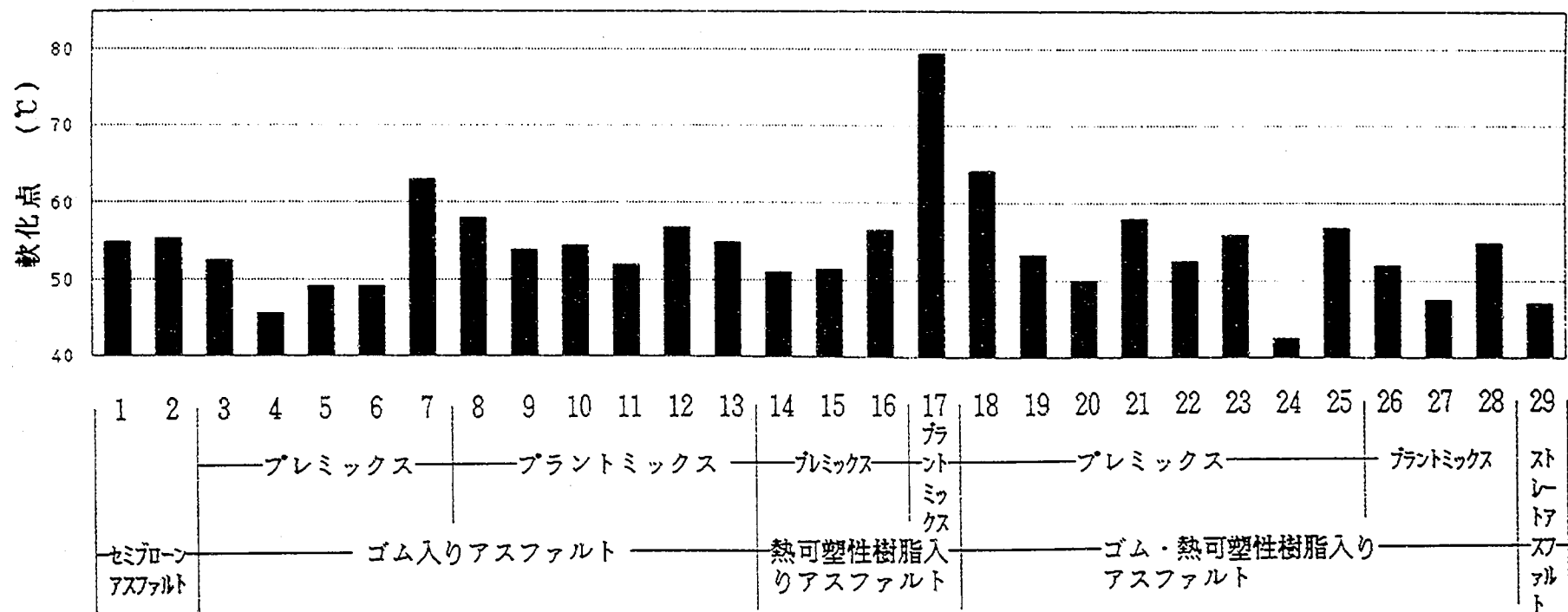


図-3 軟化点試験結果

5. 3 伸度 (7℃) 試験

伸度の試験結果を表-6と図-4に示す。これより、低温伸度は一桁のものから100+のものまで非常に異なった結果となった。改質アスファルト種類別にみると、ゴム入りアスファルトの平均は85+、熱可塑性樹脂入りアスファルトの平均は24、ゴム・熱可塑性樹脂入りアスファルトの平均は56で、熱可塑性樹脂入りアスファルトが低い値を示していた。

表-6 伸度試験結果

試料名	伸度 (7℃) c m	平均	試料名	伸度 (7℃) c m	平均	試料名	伸度 (7℃) c m	平均
1	4.5 4.5 4.5	5	11	31.0 26.0 35.5	3 1	21	74.0 61.0 65.0	6 7
2	3.5 2.0 —	3	12	52.5 45.5 96.0	6 5	22	68.0 75.0 67.0	7 0
3	130+ 130+ 130+	100+	13	40.4 34.5 40.0	3 8	23	130+ 130+ 130+	100+
4	130+ 130+ 130+	100+	14	20.5 21.0 22.0	2 1	24	130+ 130+ 130+	100+
5	130+ 130+ 130+	100+	15	30.0 29.0 30.5	3 0	25	49.5 50.5 51.5	5 1
6	130+ 130+ 130+	100+	16	38.5 42.5 37.5	4 0	26	11.5 14.5 14.0	1 3
7	130+ 130+ 130+	100+	17	4.5 5.0 4.5	5	27	21.5 24.5 24.0	2 3
8	100+ 100+ 100+	100+	18	32.0 30.0 30.0	3 1	28	48.0 37.0 37.5	4 1
9	130+ 130+ 130+	100+	19	22.5 22.5 22.5	2 3	29	0.5 6.0 7.0	5
10	100+ 100+ 100+	100+	20	82.5 102.0 106.5	9 7			

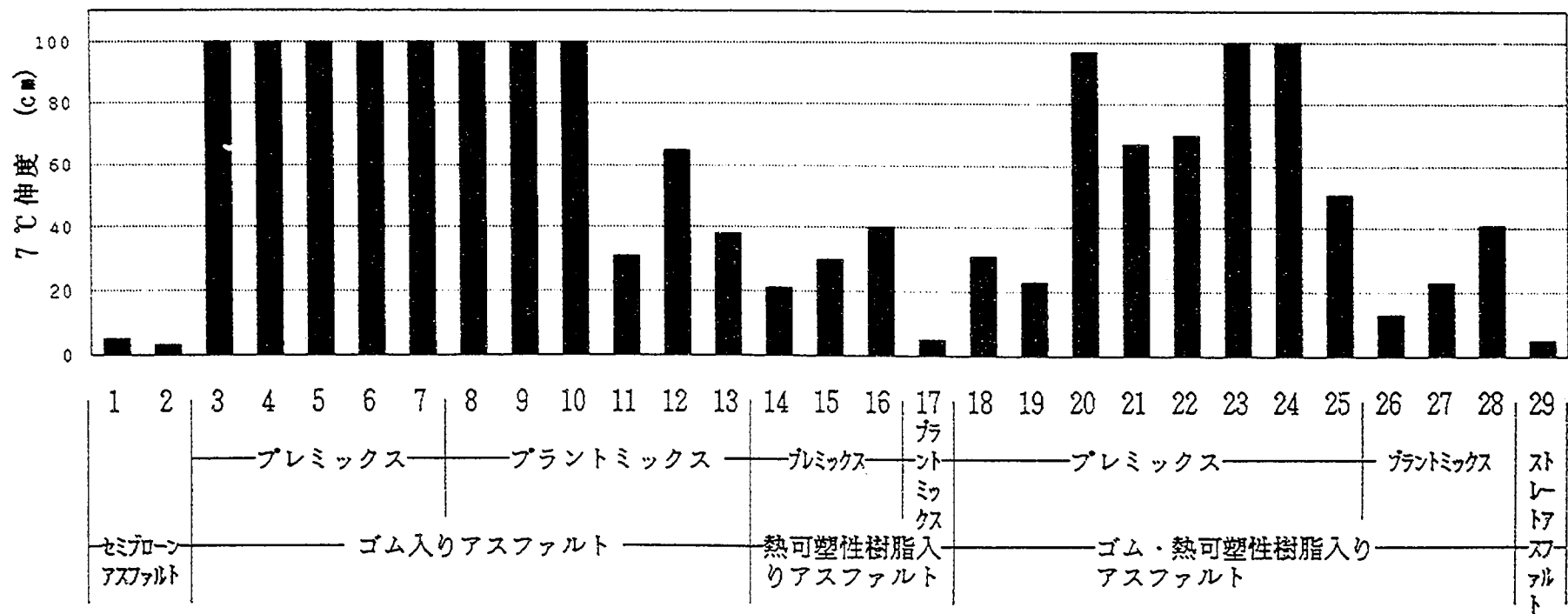


図-4 伸度試験結果

伸度はアスファルト性状の代表的なものであって、アスファルト舗装要綱プラントミックスタイプゴム入りアスファルトの標準的性状においては、針入度60～80では伸度20以上、針入度80～100では伸度50以上であることとしている。本試験では、11、13、14、15、16、17、18、19、26、27、28の11試料が規格を満たしていなかったが、他のものはすべて規格を満足している。

伸度は一般にアスファルトの結合力、粘性、伸びやすさ、骨材に対する接着の良否、舗装のたわみ性を示す値と考えられている。しかしこの試験は、条件を一定にして行うものであって、それにより得られる値の大小が必ずしも、実際アスファルト舗装の供用性と関係があるかどうかは明確になっていない。

5. 4 蒸発後の針入度比試験

蒸発後の針入度比の結果を表-7と図-5に示す。これより、蒸発後の針入度比は88%から121%と改質アスファルトの種類によって大きく変化していた。この中でも試料名3、10、21が変化が大きい。

アスファルト舗装要綱では改質アスファルトの蒸発後の針入度比を110 以下としている。この規格に触れる試料は、3、5、10、12、15、21、28の7試料である。

蒸発試験後のアスファルト表面観察で針入度比が100 %以下を示しているものは、アスファルト中に改質材が一様に分散しており、表面のかわばりは認められなかった。これに対して、針入度比が100 以上を示したものについては、アスファルト中の改質材が分離浮上し、そのため表面にかわばりを生じているものがあった。

表-7 蒸発後の針入度比試験結果

試料名	未改質試料の針入度	改質試料の針入度	蒸発後の針入度比 (%)
1	36	36	100
2	43	38	88
3	57	69	121
4	93	95	102
5	57	65	114
6	59	58	98
7	63	65	103
8	46	47	102
9	47	51	109
10	59	70	119
11	55	52	95
12	38	43	113
13	49	48	98
14	52	49	95
15	47	54	115
16	42	43	102
17	28	26	93
18	61	64	105
19	54	53	98
20	56	55	98
21	55	65	118
22	69	67	97
23	50	51	102
24	102	103	101
25	48	45	94
26	43	43	100
27	64	63	98
28	41	47	115
29	53	60	112

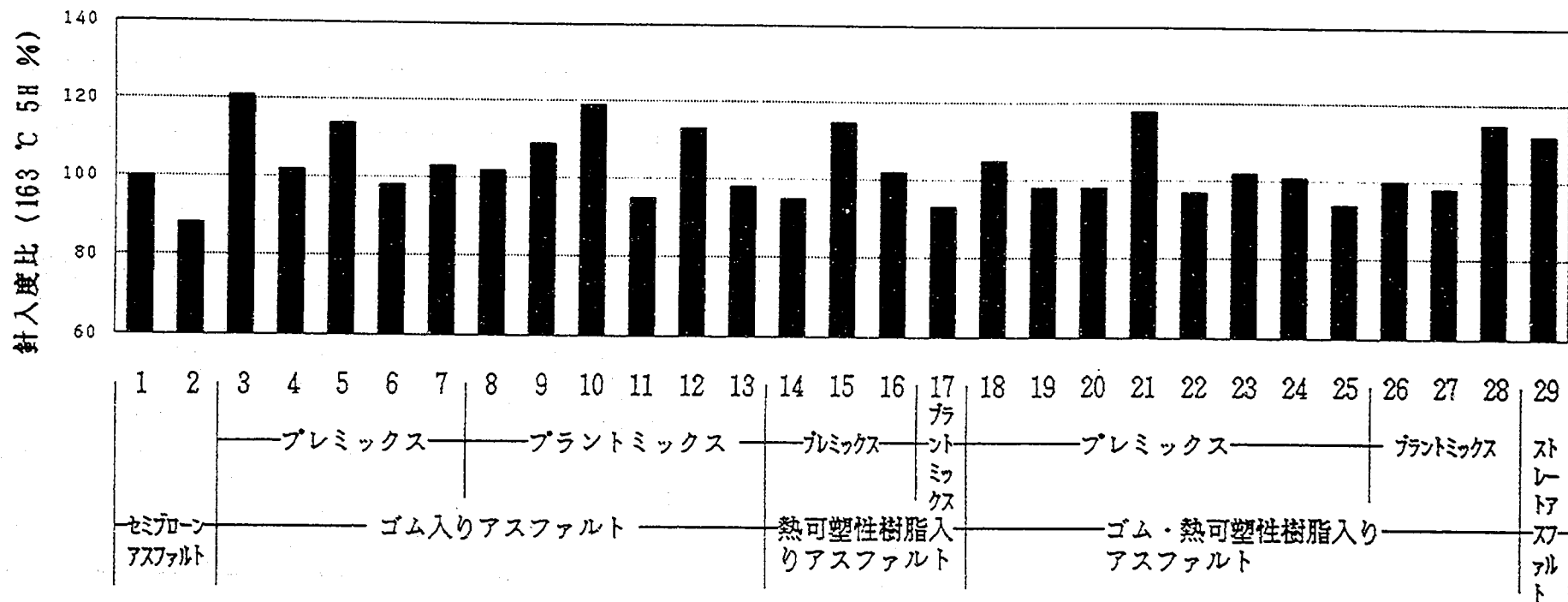


図-5 蒸発後の針入度試験結果

5. 5 薄膜加熱質量変化試験

薄膜加熱質量変化の結果を表-8と図-6に示す。これより、アスファルト舗装要綱では、改質アスファルトの薄膜加熱質量変化を0.6 %以下としているが、いずれの試料もこの規格に触れるものではなく、良い結果となっている。

アスファルトの熱劣化機構の研究は多くの研究機関で行われている。アスファルトの熱劣化反応は加熱質量変化が示すように酸化、分解および脱水等の競合反応であるため、その劣化機構は不明な点が多い。改質アスファルトは、これに改質材が加わるため、その機構がより複雑になることはいうまでもない。薄膜加熱試験後、薄膜面を観察すると表面にフィルムが形成されている。これは劣化による粘度の増加によって表面で劣化した成分が内部へ均一に拡散できなくなり、その結果それらが形成されると思われる。本試験でもそのような状態が認められるものがあった。

表-8 薄膜加熱質量変化試験結果

試料名	試料質量 (g)	加熱後の試 料質量 (g)	薄膜加熱質 料変化 (%)	平 均	試料名	試料質量 (g)	加熱後の試 料質量 (g)	薄膜加熱質 料変化 (%)	平 均
1	49.979	49.957	-0.05	-0.05	16	50.107	50.118	+0.02	+0.02
	50.034	50.010	-0.05			50.750	50.761	+0.02	
2	50.063	49.998	-0.13	-0.10	17	50.026	49.995	-0.06	-0.07
	49.954	49.922	-0.06			50.202	50.168	-0.07	
3	50.041	50.033	-0.02	-0.02	18	50.035	50.032	-0.01	-0.01
	50.051	50.043	-0.02			49.968	49.966	-0.00	
4	50.072	49.905	-0.33	-0.33	19	50.041	50.058	+0.03	+0.03
	50.004	49.837	-0.33			50.071	50.086	+0.03	
5	50.002	50.013	+0.02	+0.02	20	50.014	50.036	+0.04	+0.04
	50.007	50.017	+0.02			49.998	50.019	+0.04	
6	50.035	50.022	-0.03	-0.03	21	50.069	50.086	+0.03	+0.11
	49.996	49.984	-0.02			50.005	50.100	+0.19	
7	50.067	50.032	-0.07	-0.07	22	49.962	50.004	+0.08	+0.08
	50.103	50.068	-0.07			50.084	50.125	+0.08	
8	50.670	50.692	+0.04	+0.04	23	49.985	49.984	-0.00	-0.00
	50.009	50.030	+0.04			50.004	50.003	-0.00	
9	50.048	50.079	+0.06	+0.06	24	49.987	49.945	-0.08	-0.08
	50.231	50.263	+0.06			49.922	49.882	-0.08	
10	50.047	50.053	+0.01	+0.02	25	49.938	49.948	+0.02	+0.02
	50.134	50.144	+0.02			50.034	50.046	+0.02	
11	50.912	50.226	-1.35	-0.66	26	50.002	50.024	+0.04	+0.04
	49.992	50.011	+0.04			50.038	50.060	+0.04	
12	50.094	50.115	+0.04	+0.04	27	50.037	50.056	+0.04	+0.04
	50.001	50.022	+0.04			49.969	49.988	+0.04	
13	50.089	50.101	+0.04	+0.04	28	50.148	50.164	+0.03	+0.03
	50.012	50.034	+0.04			49.974	49.989	+0.03	
14	49.973	49.967	-0.01	-0.01	29	50.010	50.055	+0.09	+0.09
	49.969	49.962	-0.01			50.003	50.050	+0.09	
15	50.011	49.995	-0.03	-0.03					
	49.986	49.970	-0.03						

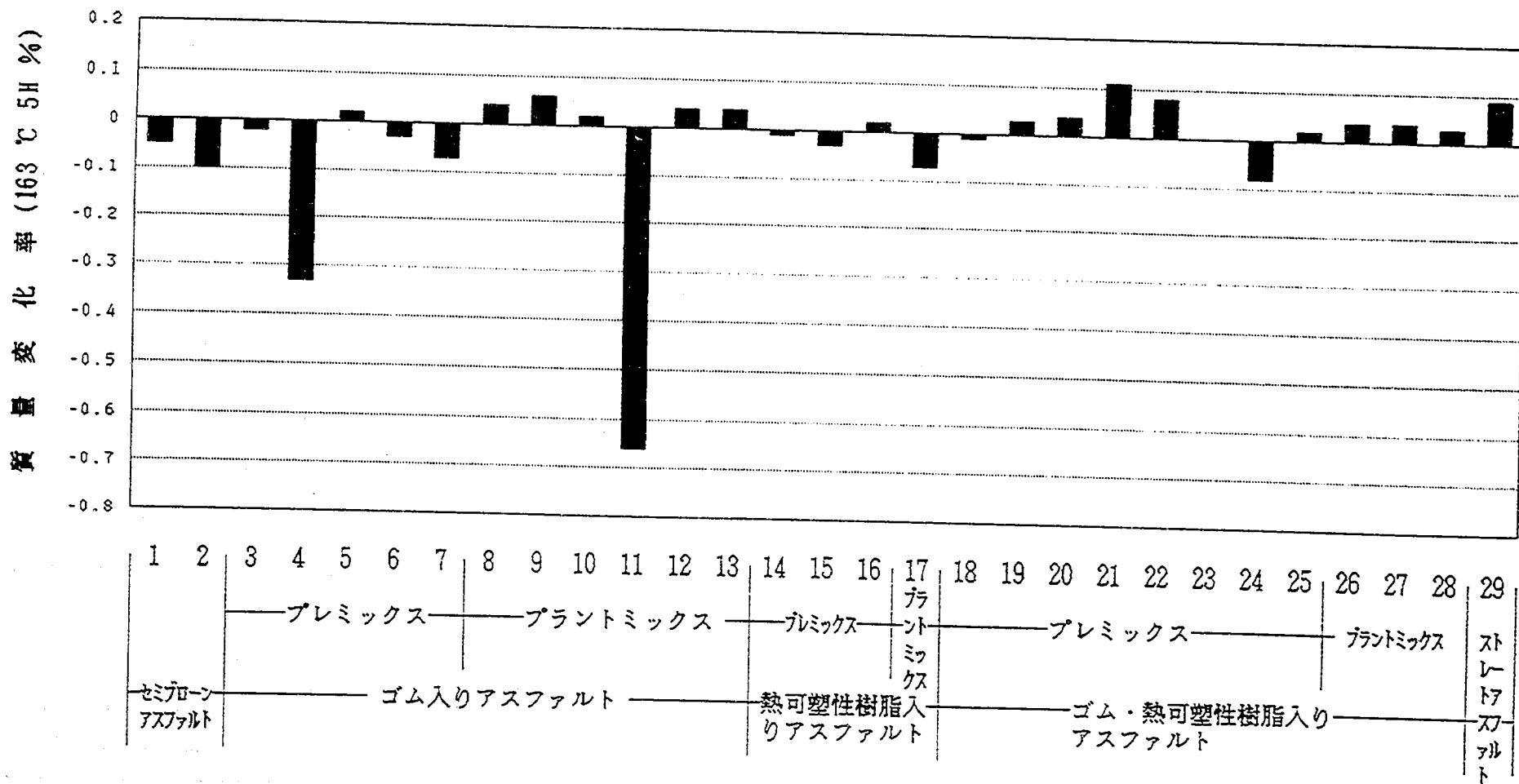


図-6 薄膜加熱質量変化試験結果

5. 6 薄膜加熱後の針入度変化率試験

薄膜加熱後の針入度変化率試験結果を表-9と図-7に示す。これより、アスファルト舗装要綱では、ゴム入りアスファルトの規格は薄膜加熱後の針入度変化率を55以上と規定している。本試験では、試料番号2以外は、この規格を満足している。

この試験は、アスファルトの熱劣化による硬さの変化の度合いをみるものである。アスファルトの熱劣化は、原アスファルトのオイル、レジン、アスファルテンの中の、アスファルテンを除く他の成分が、芳香性の増加と共にカルボニル基の吸光係数が増大し、分子量は変化せずに、成分比だけが増加することに起因するとされている。また酸化による反応は、芳香族外環水素置換アルキル基の α 位に生じ、アスファルトの各成分は芳香性の増加及び外環プロトンの置換度と共に酸化されやすくなると考えられている。これらのことにより針入度比が減少したのは、劣化による針入度の減少及びアスファルトの劣化過程における、レジン、芳香成分の減少およびアスファルテンの増加によるアスファルトの解膠性の減少によるものと考えられる。

表-9 薄膜加熱後の針入度変化率試験結果

試料名	加熱前の針入度	薄膜加熱後の針入度	薄膜加熱後の針入度変化率(%)	試料名	加熱前の針入度	薄膜加熱後の針入度	薄膜加熱後の針入度変化率(%)
1	35	24	68.6	16	47	33	70.2
2	44	23	52.3	17	26	18	69.2
3	65	51	78.5	18	60	51	85.0
4	105	70	66.7	19	58	40	69.0
5	63	44	69.8	20	60	41	68.3
6	68	46	69.6	21	54	45	83.3
7	58	59	90.8	22	74	48	64.9
8	53	38	71.7	23	57	42	73.7
9	52	41	78.8	24	124	84	67.7
10	55	55	100	25	48	35	72.9
11	53	48	90.6	26	47	32	68.1
12	44	38	86.4	27	73	49	67.1
13	49	46	93.9	28	49	40	81.6
14	55	42	76.4	29	61	46	75.4
15	59	43	72.9				

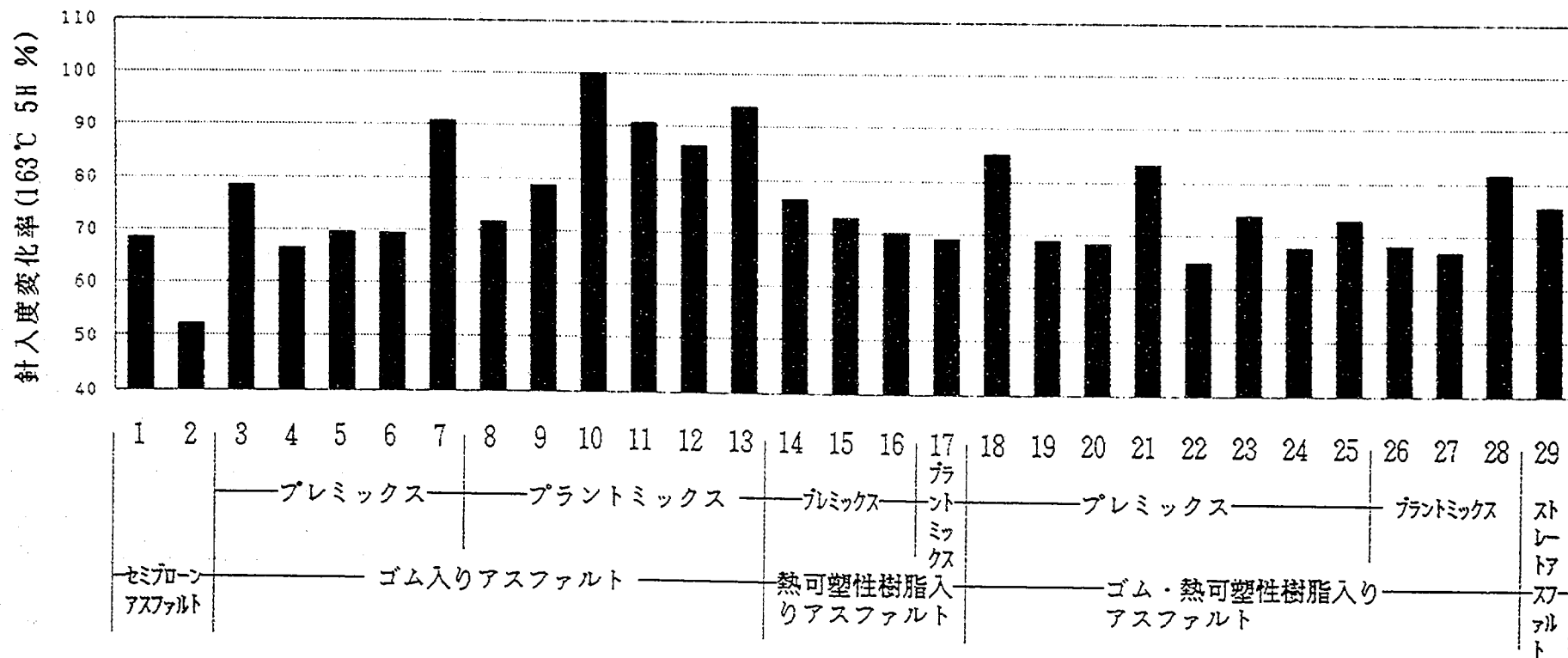


図 7 薄膜加熱後の針入度変化率試験結果

5. 7 三塩化エタン可溶分試験

三塩化エタン可溶分の試験結果を表-10と図-8に示す。これより、アスファルト舗装要綱では三塩化エタン可溶分を95%以上と規定しているが試料名11、12、13、17、27については残留物が多いといえる。

表-10 三塩化エタン可溶分試験結果

試料名	三塩化エタン 可溶分 (%)	平 均	試料名	三塩化エタン 可溶分 (%)	平 均
1	99.92	99.93	15	99.88	99.88
	99.93			99.87	
2	99.56	99.60	16	99.26	99.19
	99.63			99.12	
3	96.30	96.30	17	94.67	93.82
4	99.24	99.24		92.96	
5	99.50	99.50	18	99.38	99.38
6	99.90	99.90	19	99.16	99.16
7	99.70	99.30	20	99.88	99.88
	99.80		21	99.63	99.63
8	99.90	99.87	22	99.51	99.51
	99.84		23	99.65	99.65
9	95.47	95.61	24	99.63	99.63
	95.74		25	99.89	99.91
10	99.82	99.82		99.92	
	99.82		26	98.24	98.19
11	92.38	93.55	98.12		
	94.71		27	96.24	96.09
12	91.46	92.37		95.93	
	93.27		28	98.89	98.88
13	91.11	90.36		98.86	
	89.55		29	99.96	99.96
14	99.89	99.88		99.96	
	99.87				

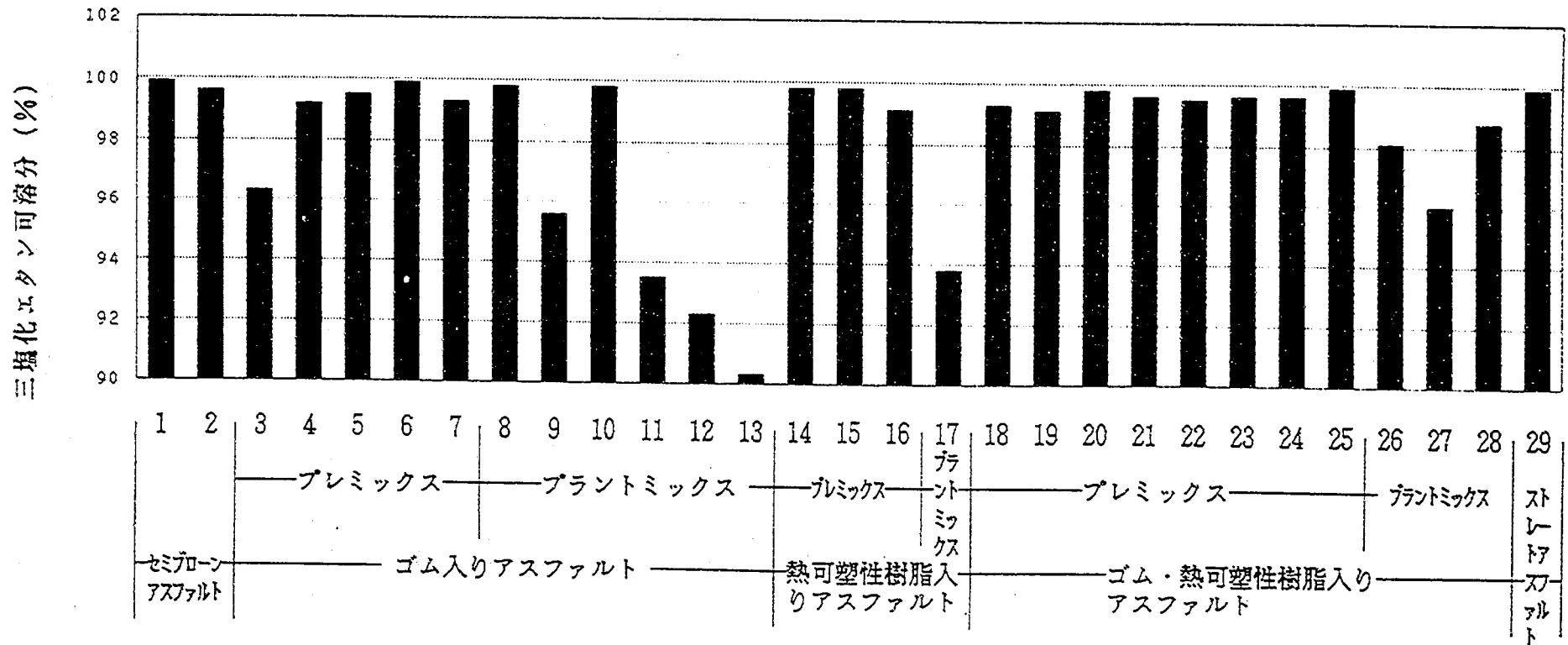


図-8 三塩化エタン可溶分試験結果

5. 8 引火点試験

引火点の試験結果を表-11と図-9に示す。これより、すべての試料が300℃以上であり、アスファルト舗装要綱で規定している260℃以上をすべて満足している。

表-11 引火点試験結果

試料名	引火点 (℃)	備 考	試料名	引火点 (℃)	備 考
1	308	150℃で発煙	15	326	188℃で発煙
2	326	174℃で発煙	16	336	168℃で発煙
3	332	186℃で発煙	17	342	206℃で発煙, 332℃で青炎で引火
4	332	160℃で発煙, 328℃で青炎で引火			
5	334	160℃で発煙, 314℃で被膜	18	334	170℃で発煙
6	316	206℃で発煙	19	334	180℃で発煙
7	338	225℃で発煙 310℃で気泡発生	20	320	200℃で発煙
8	342	166℃で発煙, 320℃で気泡発生	21	328	180℃で発煙, 280℃で表面に被膜
			22	332	216℃で発煙
9	366	158℃で発煙	23	314	190℃で発煙
10	348	242℃で発煙	24	326	200℃で発煙
11	342	226℃で発煙	25	320	160℃で発煙
12	346	172℃で発煙	26	328	160℃で発煙
13	336	162℃で発煙	27	324	180℃で発煙
			28	348	168℃で発煙, 320℃で気泡発生
14	318	200℃で発煙	29	348	142℃で発煙

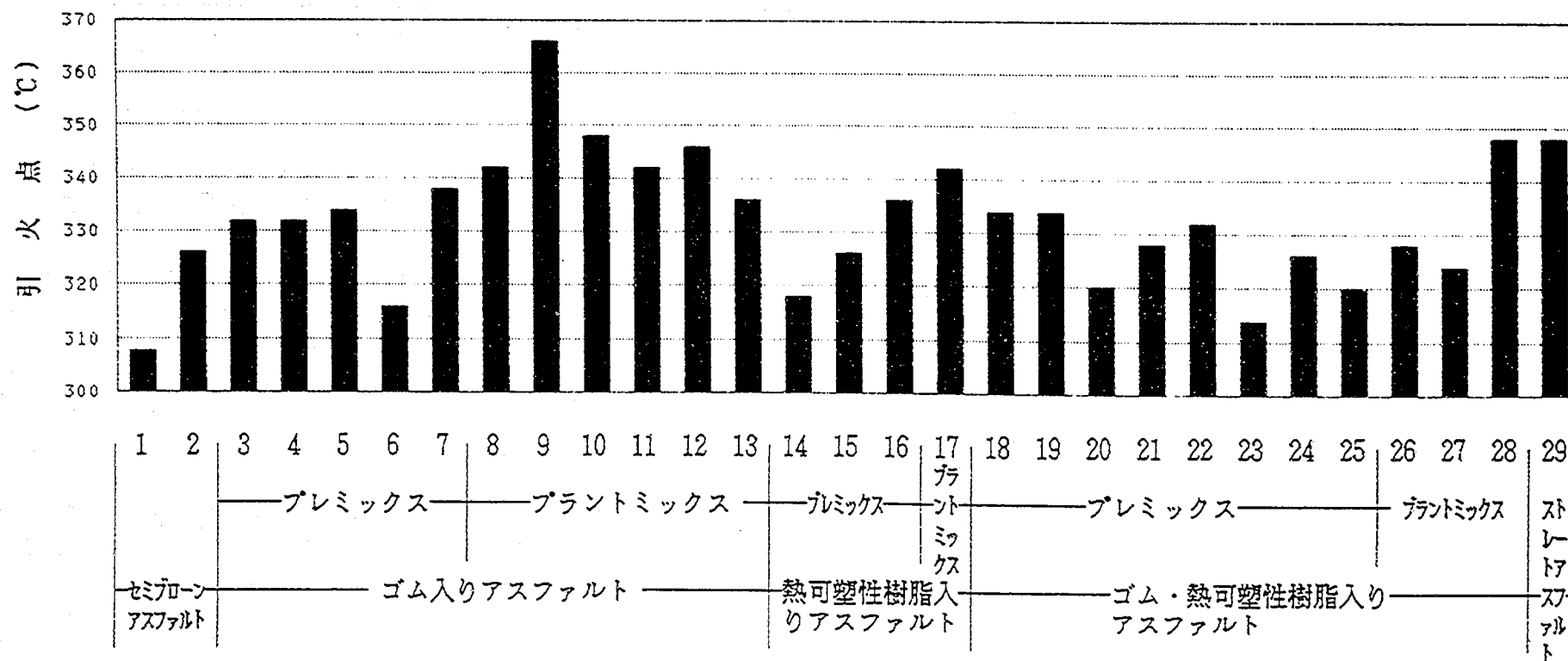


図 9 引火点試験結果

5. 9 比重試験

比重の試験結果を表-12と図-10に示す。これより、アスファルト舗装要綱のゴム入りアスファルトの規格規準では、比重(25/25℃)で1.000以上と規定されているが、本試験結果も1.000以上となっており特に問題はなかった。アスファルトの比重は、配合設計を行う場合に用いる程度で、その値が力学的性質やアスファルト混合物の性状に直接影響するかどうかは不明である。改質アスファルトの場合、ストアスに改質材を加えているが、改質材の比重がわかれば、ストアスの比重の範囲はある程度決まっているから、それより改質材の配合比がある程度算定できる。

表-12 比重試験結果

試料名	比重 (25/25℃)	平 均	試料名	比重 (25/25℃)	平 均
1	1.0194	1.0194	16	1.0259	1.0252
	1.0193			1.0245	
2	1.0251	1.0251	17	1.0204	1.0206
	1.0250			1.0208	
3	1.0279	1.0276	18	1.0231	1.0234
	1.0273			1.0237	
4	1.0274	1.0273	19	1.0252	1.0253
	1.0272			1.0254	
5	1.0306	1.0305	20	1.0272	1.0272
	1.0304			1.0271	
6	1.0195	1.0193	21	1.0208	1.0211
	1.0190			1.0213	
7	1.0262	1.0283	22	1.0167	1.0160
	1.0304			1.0153	
8	1.0301	1.0294	23	1.0162	1.0163
	1.0286			1.0163	
9	1.0291	1.0292	24	1.0160	1.0163
	1.0293			1.0165	
10	1.0288	1.0280	25	1.0296	1.0297
	1.0271			1.0298	
11	1.0288	1.0285	26	1.0263	1.0267
	1.0281			1.0270	
12	1.0278	1.0276	27	1.0277	1.0277
	1.0274			1.0276	
13	1.0319	1.0322	28	1.0289	1.0303
	1.0325			1.0317	
14	1.0336	1.0336	29	1.0319	1.0323
	1.0335			1.0324	
15	1.0367	1.0370			
	1.0372				

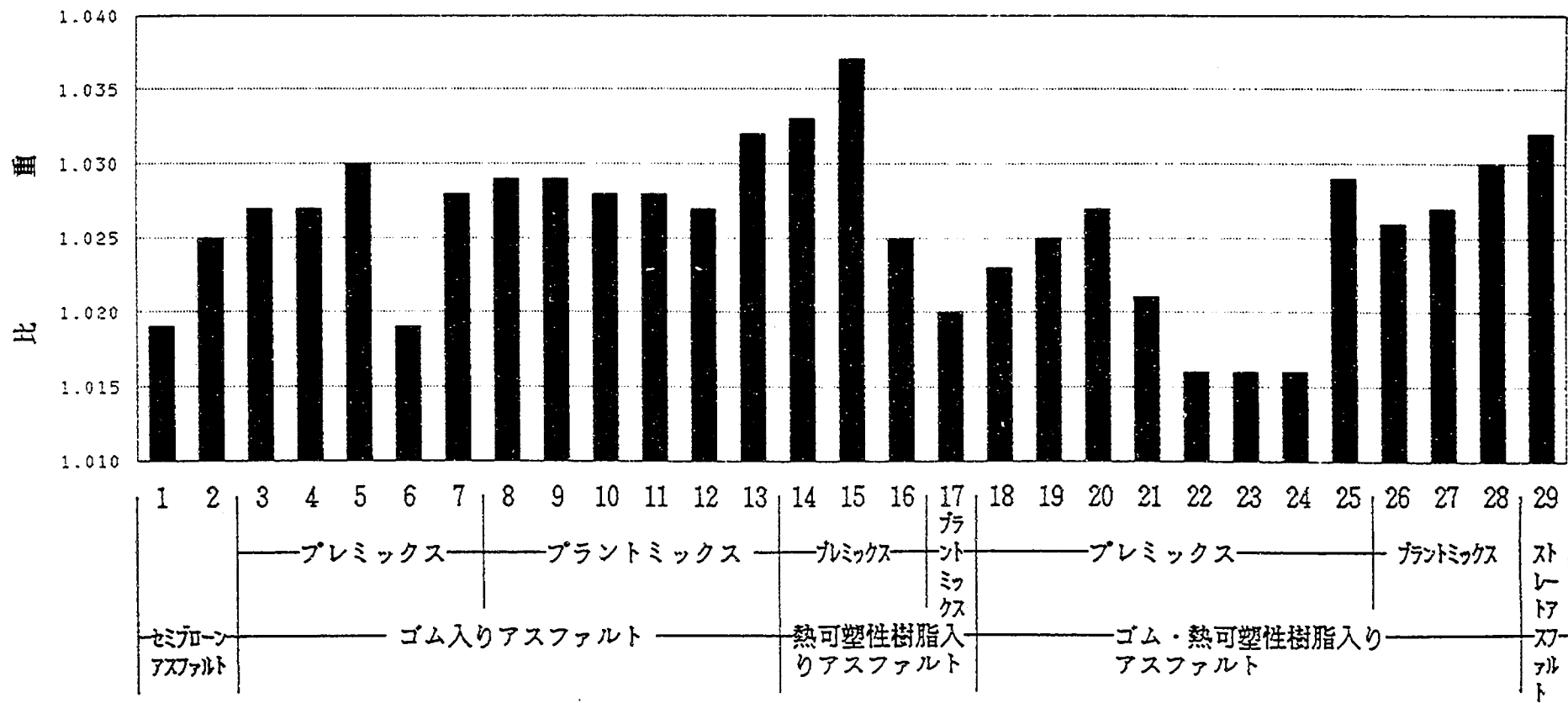


図-10 比重試験結果

5. 10 タフネス・テナシティ試験

タフネス・テナシティの試験結果を表-13と図-11に示す。これより、骨材に対する粘着力および把握力と、改質アスファルトの改質効果を知る目安となるタフネス・テナシティは、タフネスについて見るとストアス程度しかないものから6倍まで、テナシティについてみるとストアスと同程度しかないものから25倍もあるものまで非常に広範囲に分布していた。また、改質アスファルト種類別の平均は、ゴム入りアスファルトのタフネスは154kg・cm、テナシティは83kg・cm、熱可塑性樹脂入りアスファルトのタフネスは334kg・cm、テナシティは210kg・cm、ゴム・熱可塑性樹脂入りアスファルトのタフネスは154kg・cm、テナシティは103kg・cm、となっており、熱可塑性樹脂入りアスファルトが最も高い値を示していた。

試料4、24については改質による把握力、結合力の向上効果はあまり期待できるものではないようである。また、アスファルト舗装要綱ではゴム入りアスファルトの標準的性状を、タフネスを50kg・cm以上、テナシティを25kg・cm以上としているが、これによると、試料4、24が規格に触れている。

表-13 タフネス・テナシティ試験結果

試料名	タフネス kg・cm	平 均 kg・cm	テナシティ kg・cm	平 均 kg・cm	試料名	タフネス kg・cm	平 均 kg・cm	テナシティ kg・cm	平 均 kg・cm
1	135	134	18	17	16	626	610	517	503
	133		15			593		489	
2	121	125	28	29	17	201	198	37	37
	128		30			195		37	
3	96	95	45	44	18	---	---	---	---
	93		42			---		---	
4	40	43	22	25	19	---	---	---	---
	45		27			---		---	
5	69	72	27	30	20	95	94	45	46
	74		33			93		47	
6	81	91	43	41	21	95	99	50	52
	58		39			102		53	
7	105	108	57	62	22	92	91	60	59
	111		67			89		57	
8	150	147	44	47	23	164	164	122	120
	144		50			163		118	
9	242	249	141	148	24	17	16	5	5
	256		154			15		5	
10	134	131	36	36	25	248	298	171	223
	128		36			348		274	
11	195	180	139	125	26	156	156	84	84
	165		110			---		---	
12	324	324	199	199	27	179	168	125	116
	—		—			157		107	
13	245	250	148	153	28	312	297	167	167
	255		159			282		166	
14	194	227	101	122	29	101	96	20	19
	26		142			90		17	
15	291	299	171	177					
	306		184						

一印 未測定

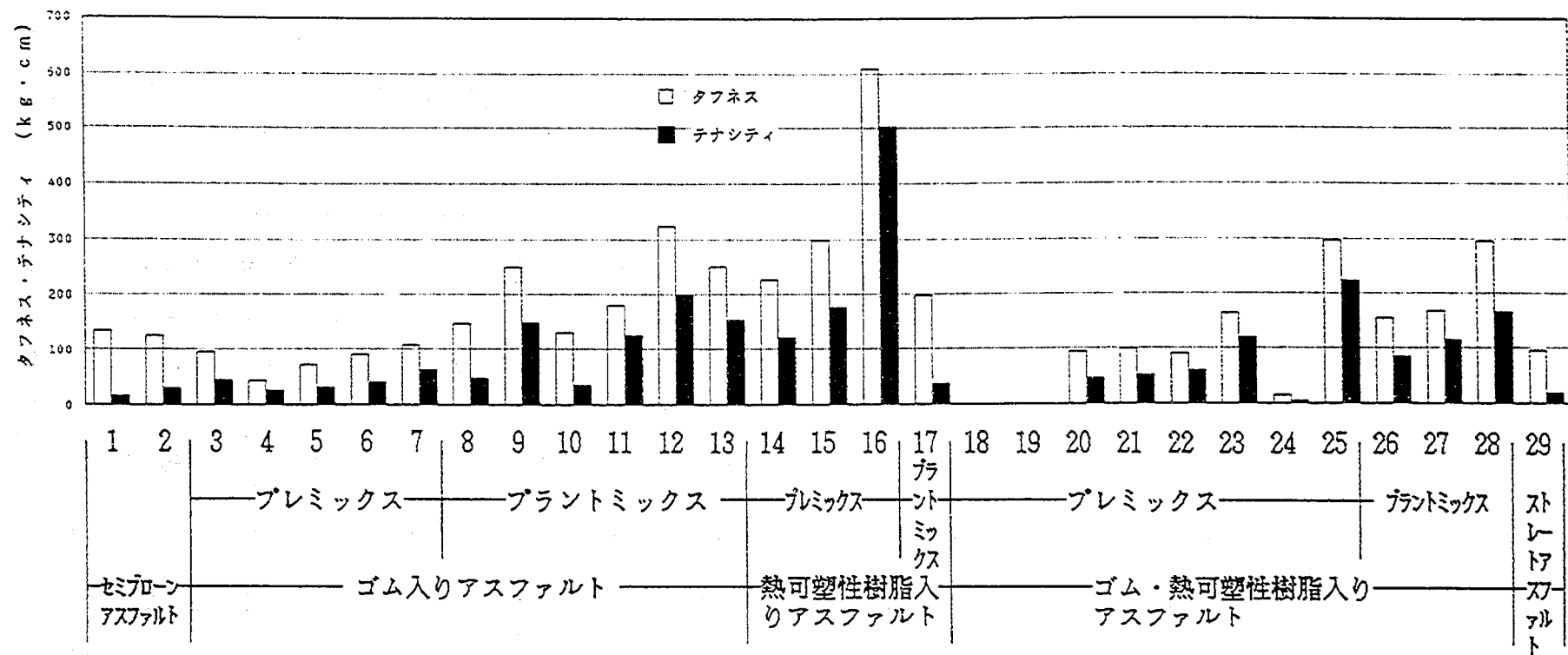


図-11 タフネス・テナシティ試験結果

5. 1 1 60℃粘度試験

60℃粘度の試験結果を表-14と図-12に示す。これより、耐流動の指標となる60℃粘度は、ストアスに近い値のものから、セミブローンアスファルトと同程度かもしくはそれより高い値のものまであった。改質アスファルト種類別では、ゴム入りアスファルトの平均は6430poise、熱可塑性樹脂入りの平均は7480poise、ゴム・熱可塑性樹脂入りの平均は5010poiseで、熱可塑性樹脂入りアスファルトが高い値となっている。また、プレミックスに比べ改質材の添加量が多いプラントミックスの方が粘度が高くなっている。

表-14 60℃粘度試験結果

試料名	粘度 (poise)	試料名	粘度 (poise)	試料名	粘度 (poise)
1	12000	11	5890	21	9940
2	9000	12	12400	22	3070
3	5160	13	8370	23	5400
4	2030	14	4370	24	735
5	3270	15	12800	25	7960
6	3450	16	6180	26	3040
7	11300	17	6580	27	3270
8	11400	18	6570	28	8050
9	8780	19	3380	29	2820
10	7040	20	3680		

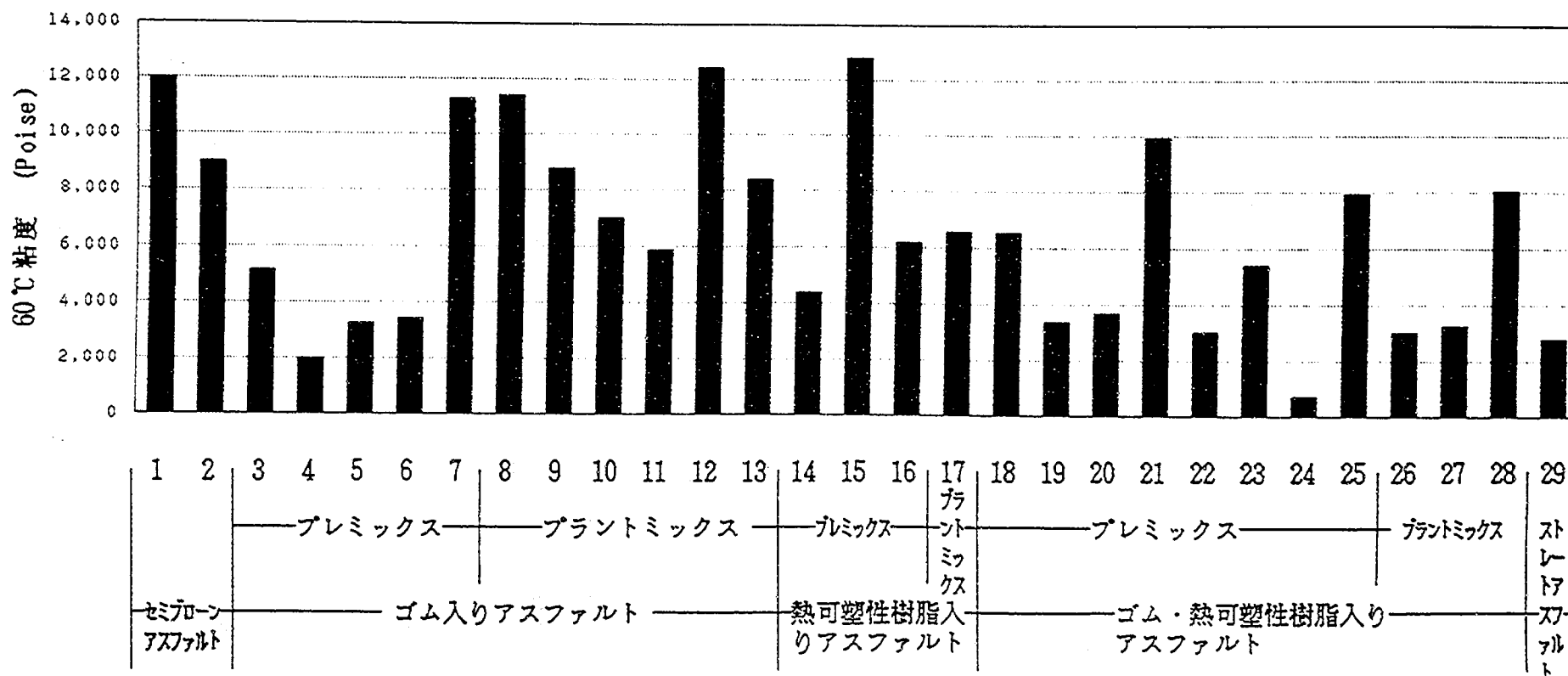


圖-12 60°C粘度試驗結果

5. 1 2 粘度比試験

粘度比(薄膜加熱後の60℃粘度/薄膜加熱前の60℃粘度)の試験結果を表-15と図-13に示す。これより、粘度比は、一番高いもので試料番号2のセミブローンタイプアスファルトの3.6。また、低いもので、薄膜加熱後と加熱前の60℃粘度が、まったく変わらない1.0という値のものまで様々な結果となっている。粘度比が高すぎると初期クラックが発生し、余り少なすぎると耐流動性が悪くなることが考えられる。セミブローンを除いた他のバインダーの平均は、1.6となっているが、耐流動性を考慮するならば、最低限の値としてストレートアスファルトの1.8以上、また、耐クラックを重視するならば、セミブローンアスファルトの2.4より低くするのが良いと思われる。

表-15 粘度比試験結果

試料名	60℃粘度	薄膜加熱後の60℃粘度	粘度比	試料名	60℃粘度	薄膜加熱後の60℃粘度	粘度比
1	12000	29050	2.4	16	6180	11470	1.9
2	9000	32260	3.6	17	6580	16780	2.6
3	5160	5020	1.0	18	6570	6370	1.0
4	—	—	—	19	3380	5430	1.6
5	—	—	—	20	3680	7010	1.9
6	—	—	—	21	9940	12620	1.3
7	11300	12430	1.1	22	3070	4510	1.5
8	11400	14130	1.2	23	5400	9540	1.8
9	8780	11040	1.3	24	—	—	—
10	7040	9520	1.4	25	—	—	—
11	5890	10470	1.8	26	3040	7290	2.4
12	12400	21780	1.8	27	3270	3180	1.0
13	8370	13880	1.7	28	8050	13670	1.7
14	4370	7230	1.7	29	2820	5100	1.8
15	9350	9030	1.0				

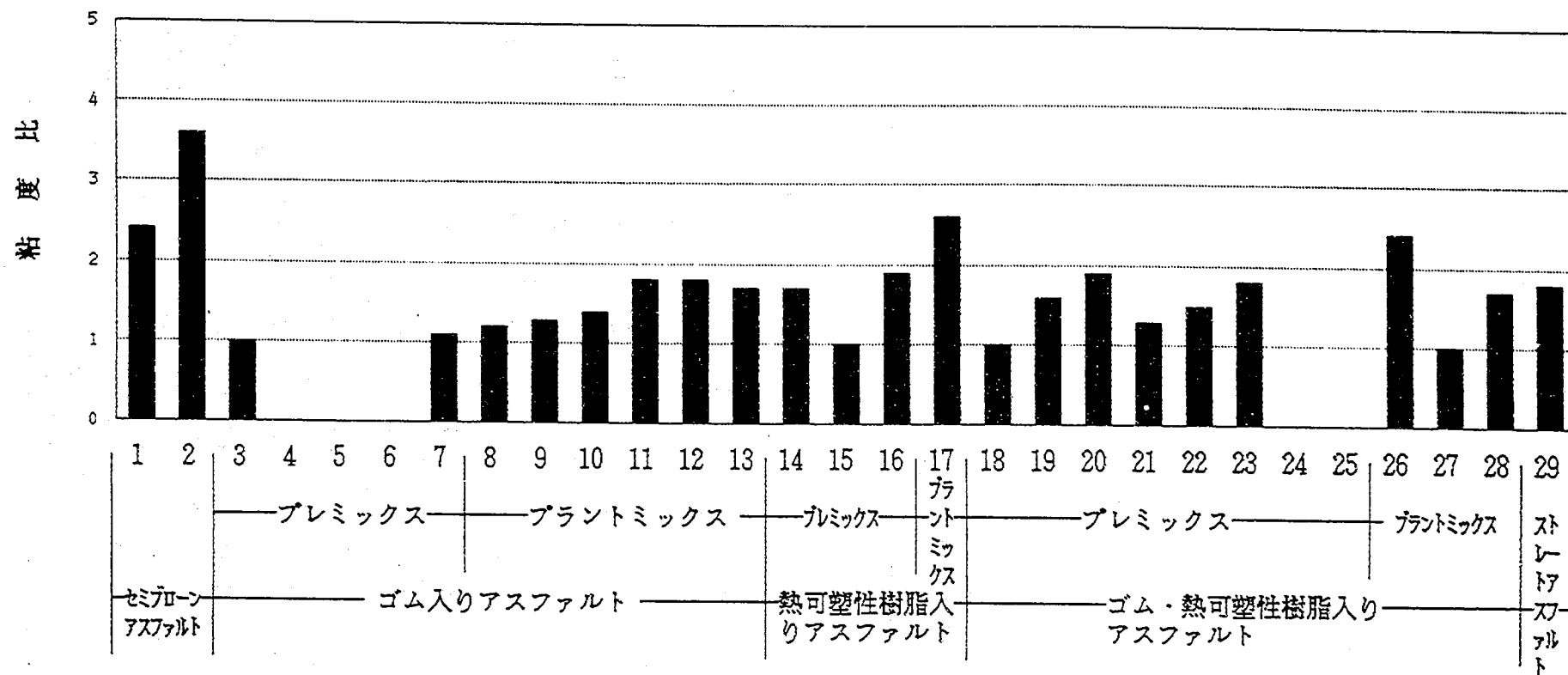


図-13 粘度比試験結果

5. 1 3 高温粘度 (140、180、200℃) 試験

140、180、200℃の高温粘度の試験結果を表-16と図-14～16に示す。これより、改質効果を得るため、改質材を多く添加すると180℃粘度も高くなり、加熱混合および転圧の作業性が悪くなる。施工性を考慮すると180℃粘度があまり高くないバインダーが良いが、その値は一番低い試料名24の86.1cSt から、試料名13の一番高い682cStまでであった。また、アスファルト舗装要綱のセミブローンアスファルトの規格である200cStを上回る試料が14試料もあり、ゴム入りアスファルトのプラントミックスはすべての試料が規格を上まわっていた。プラントミックスのものは室内で試料を作製する際の混合条件の影響も受けることから、正確な値については再度試験をして確かめる必要がある。

表-16 動粘度 (140, 180, 200℃) 試験結果

試料名	粘 度 (cSt)			試料名	粘 度 (cSt)		
	140℃	180℃	200℃		140℃	180℃	200℃
1	696	123	63.0	16	816	176	105
2	710	129	72.0	17	874	156	101
3	1410	343	227	18	1180	291	176
4	480	110	70.8	19	789	186	107
5	515	117	64.2	20	638	134	79.3
6	663	157	92.4	21	1350	242	145
7	3546	540	277	22	697	168	103
8	3120	448	231	23	886	196	118
9	1780	571	471	24	317	86.1	53.6
10	991	209	149	25	827	210	113
11	1140	328	184	26	737	396	114
12	2510	504	444	27	511	128	91
13	3030	682	328	28	1510	363	247
14	667	150	83.9	29	400	84.5	45.9
15	1090	208	123				

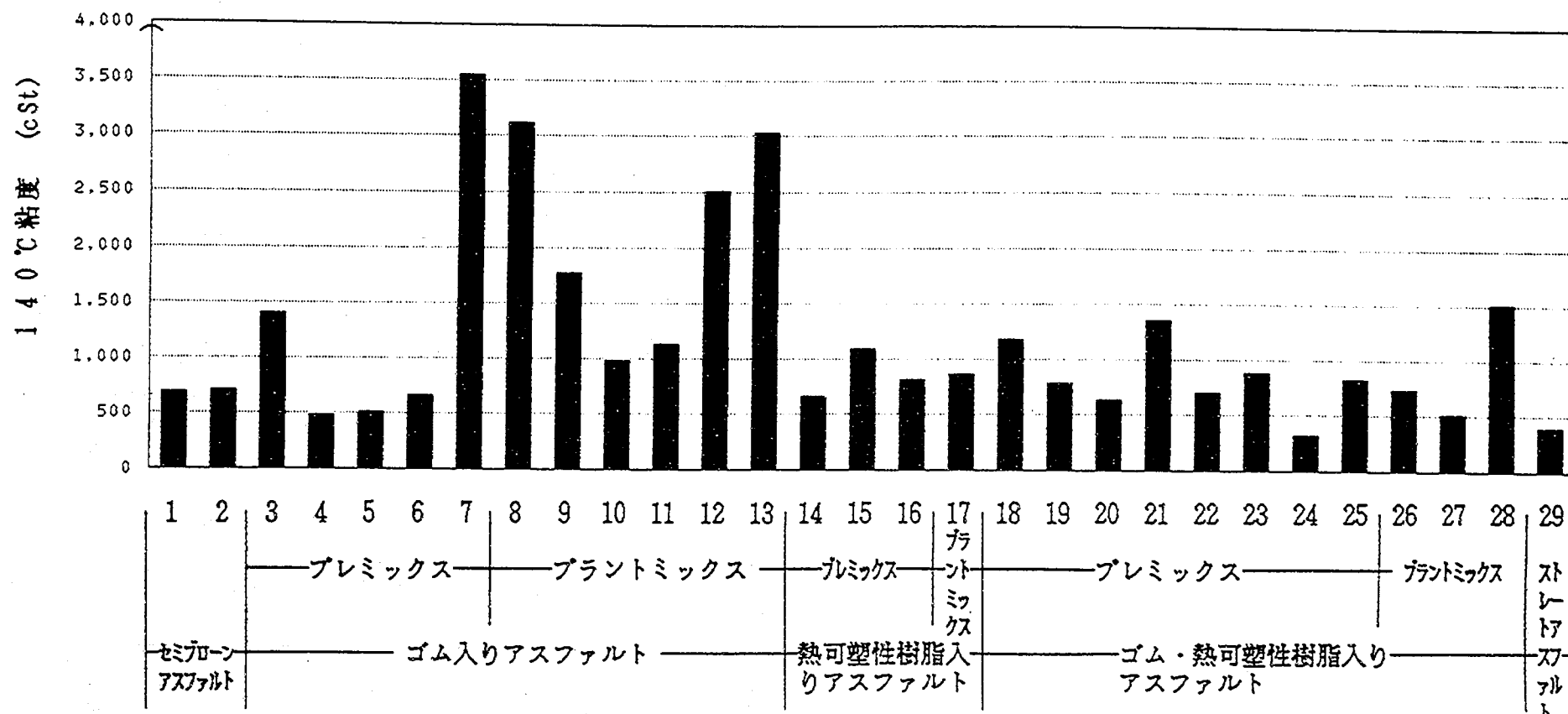


図-14 140℃粘度試験結果

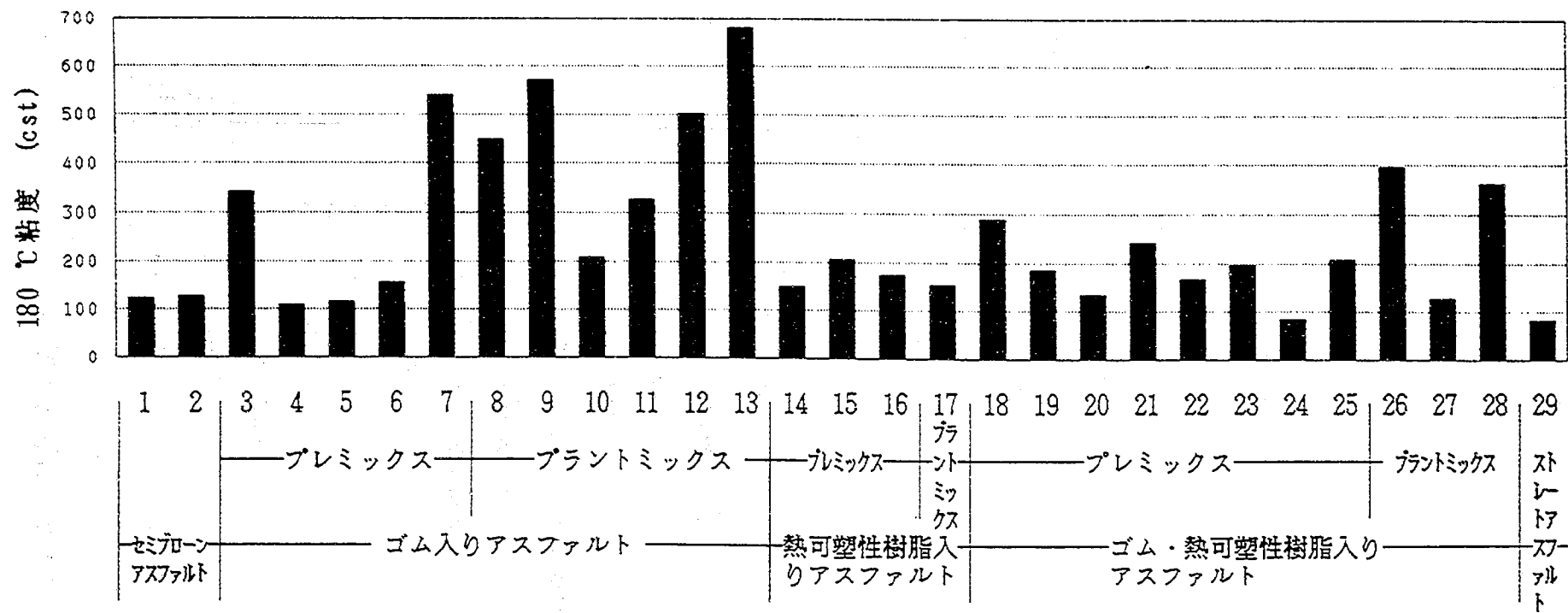


図-15 180°C粘度試験結果

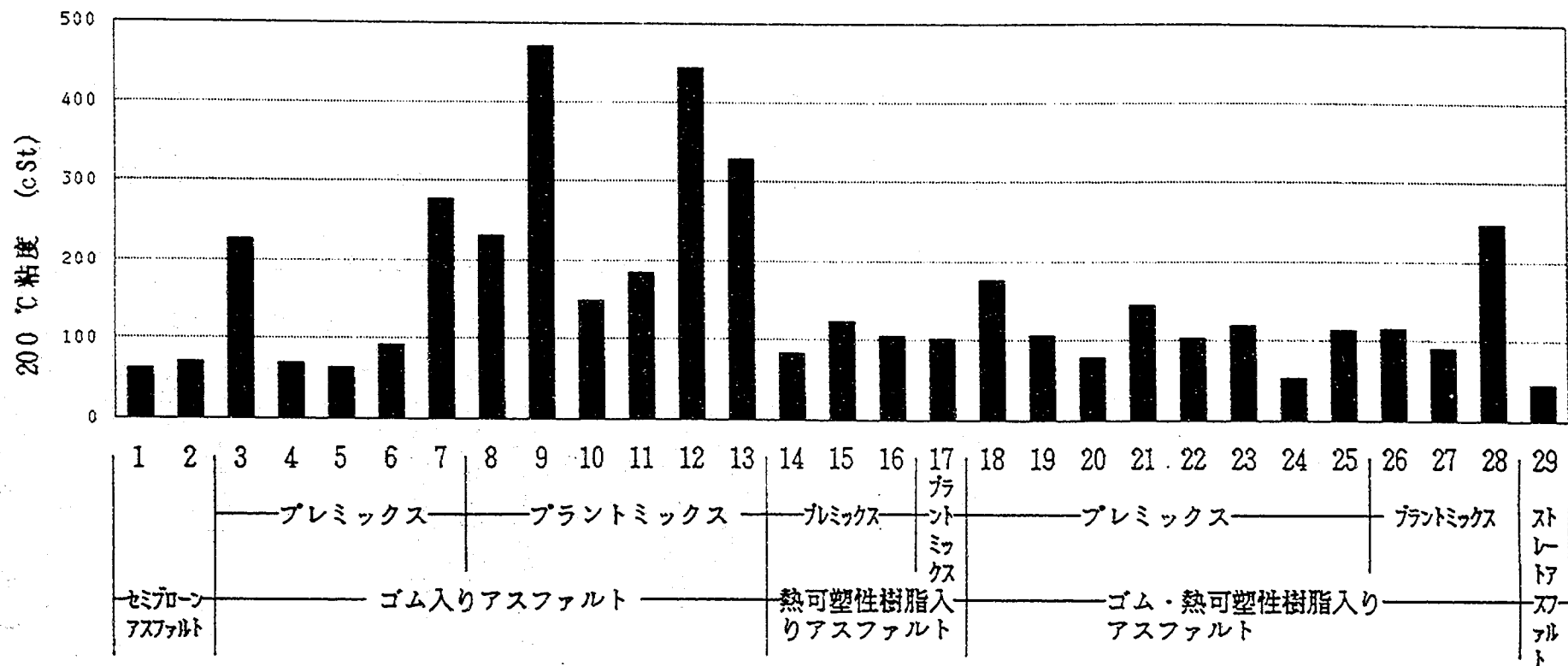


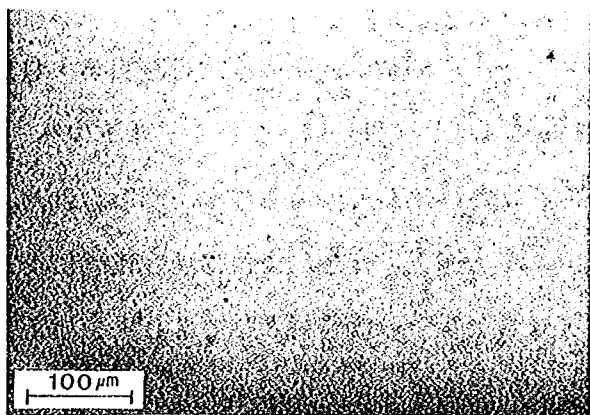
図-16 200℃粘度試験結果

5. 1 4 顕微鏡観察

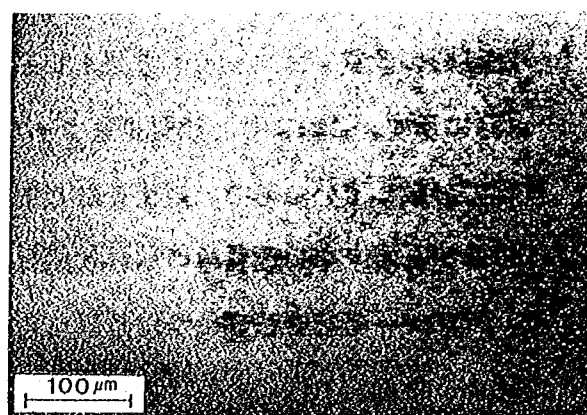
28試料の改質アスファルトとストレートアスファルトの顕微鏡観察の写真を写真-1 (1)～(5)に示す。これより、改質アスファルトの改質材（ポリマー）は、アスファルト中へ粒状に分散しているもの、鎖状をなしているもの、また凝集しているものなどがみられた。

アスファルト中の改質材の溶存状態は、原油アスファルトの種類、または温度状態により、ポリマーの溶存状態はかなり異なる。改質アスファルトの改質材としてSBRを加えた場合、恒温空気浴より急冷あるいは除冷したときの混合ポリマーの溶存状態は異なると言われている。また、低温から徐々に温度を上昇させた場合のアスファルト中のSBRの溶存状態を確認したものがある。それによれば、低温では、SBRが白く散在しているものが、温度の上昇につれて凝集を開始し、やがて外側より連続にアスファルト中に溶解し、150℃で完全に溶解したという報告がある。

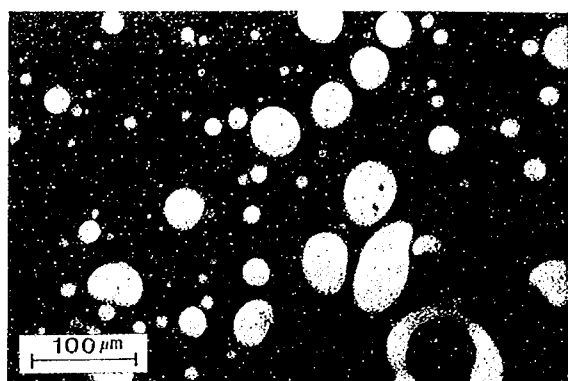
このように顕微鏡観察によって、改質材の溶存状態が判断出来ることから、改質アスファルトの品質性状を見る上で、顕微鏡観察は有効な手法になるものと思われる。



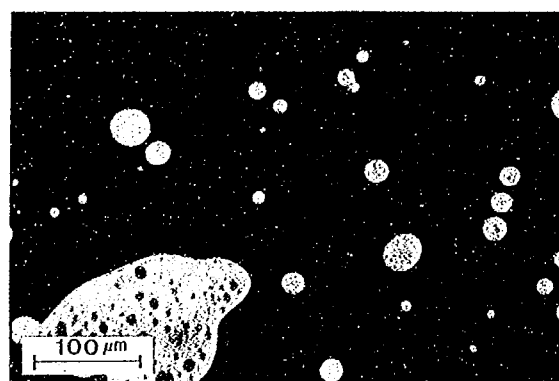
試料番号__1__



試料番号__2__



試料番号__3__



試料番号__4__

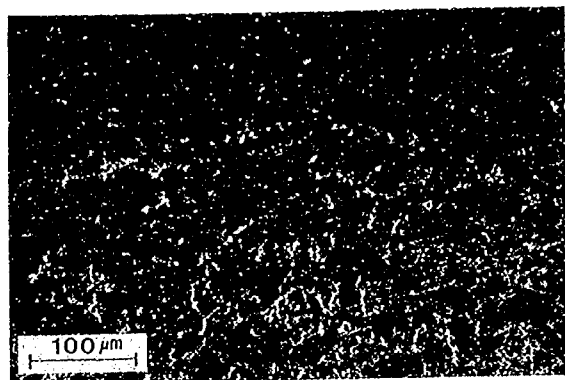


試料番号__5__

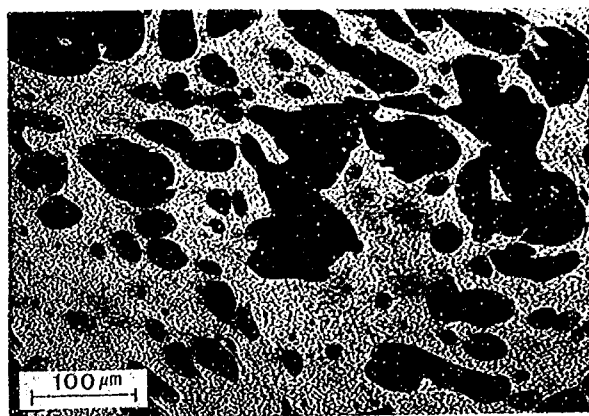


試料番号__6__

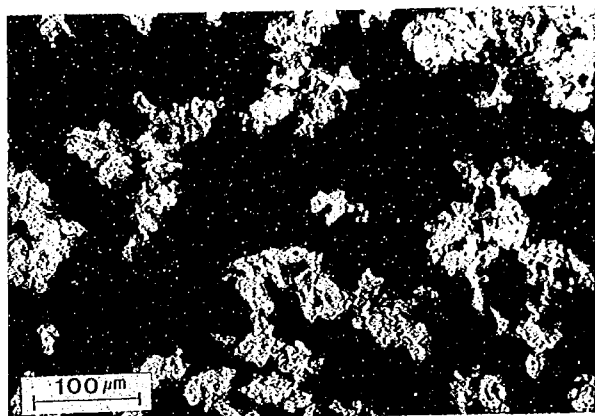
写真—1 (I) 顕微鏡撮影結果



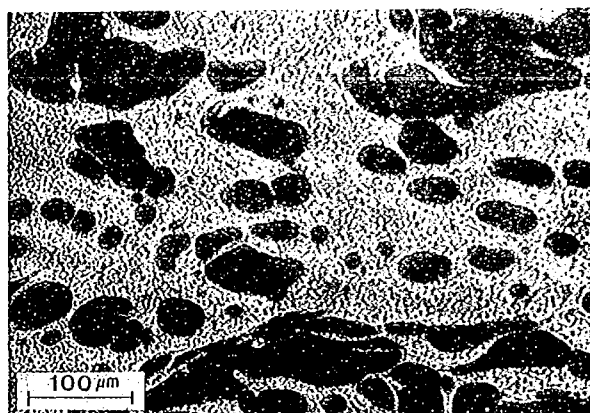
試料番号__7__



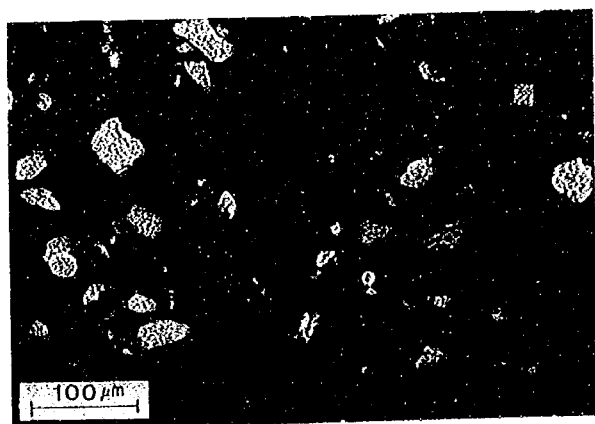
試料番号__8__



試料番号__9__



試料番号__10__

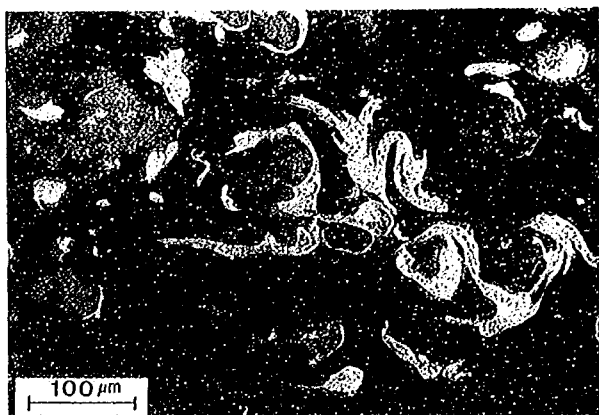


試料番号__11__

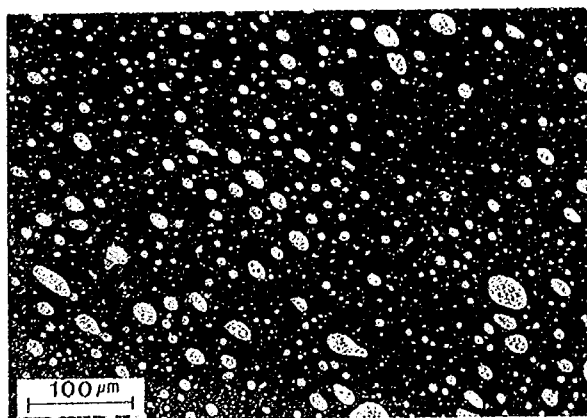


試料番号__12__

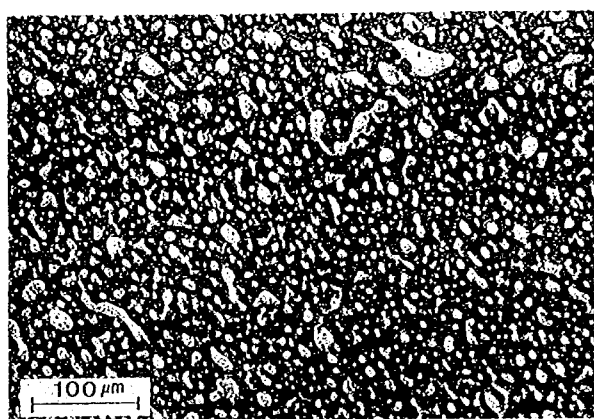
写真一1(2) 顕微鏡撮影結果



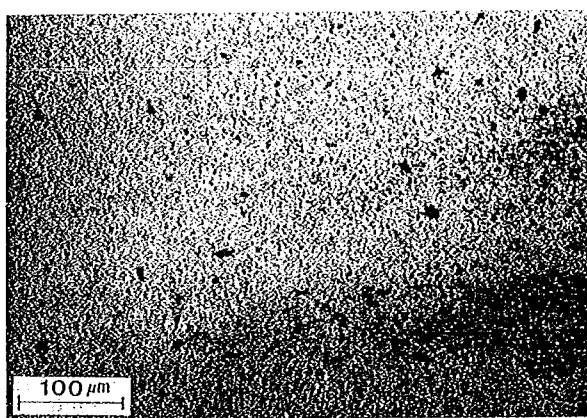
試料番号 13



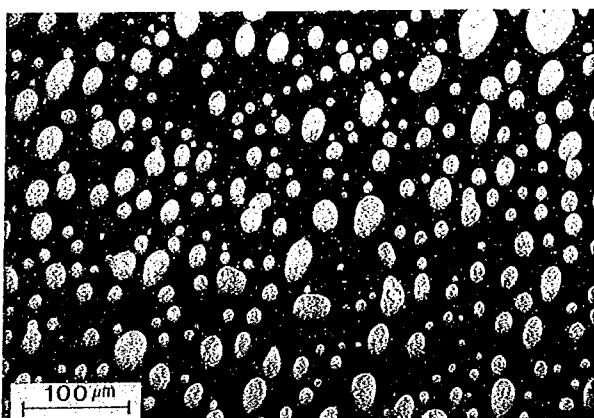
試料番号 14



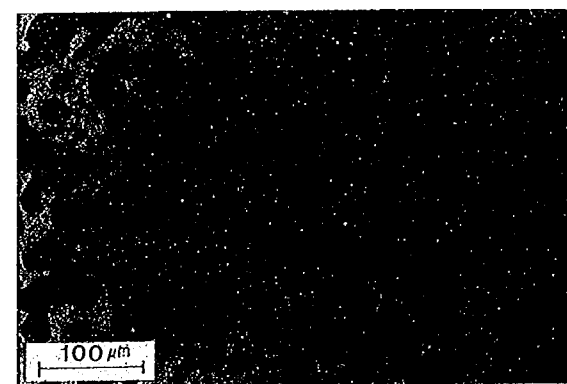
試料番号 15



試料番号 16

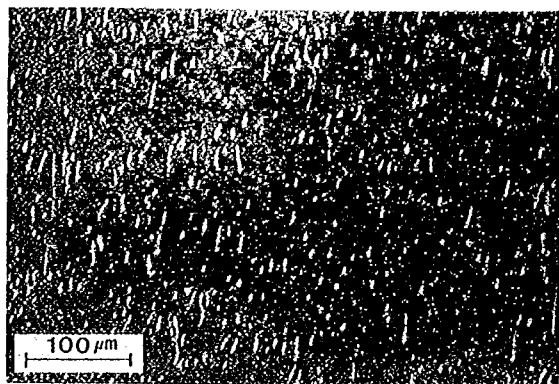


試料番号 17

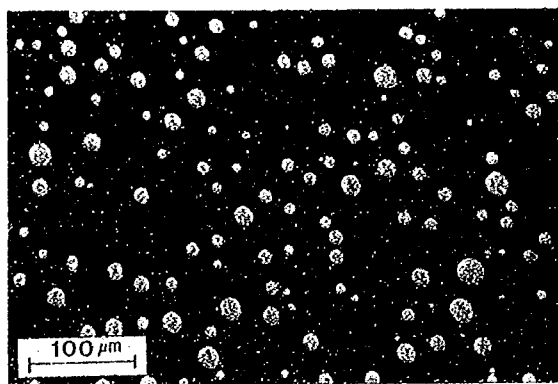


試料番号 18

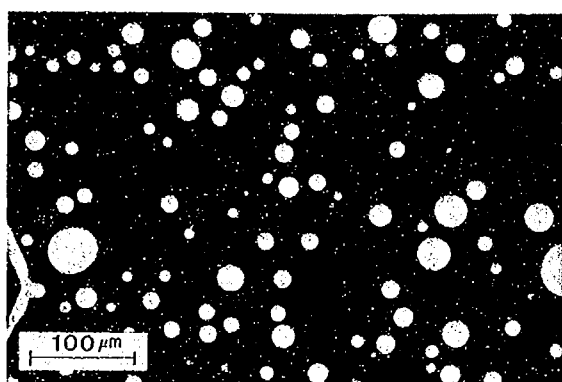
写真—1(3) 顕微鏡撮影結果



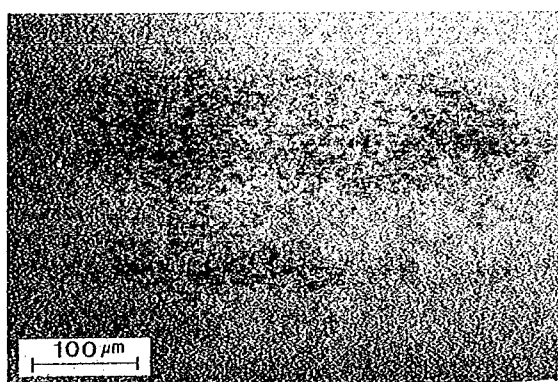
試料番号 19



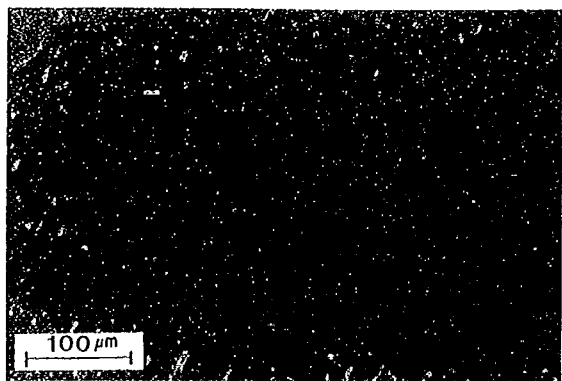
試料番号 20



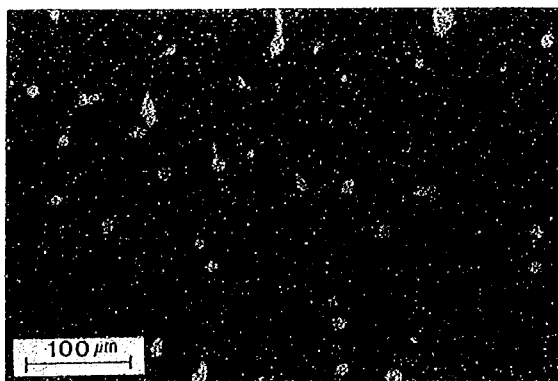
試料番号 21



試料番号 22

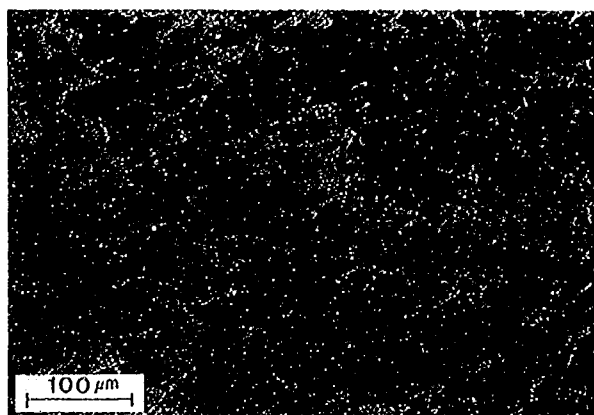


試料番号 23

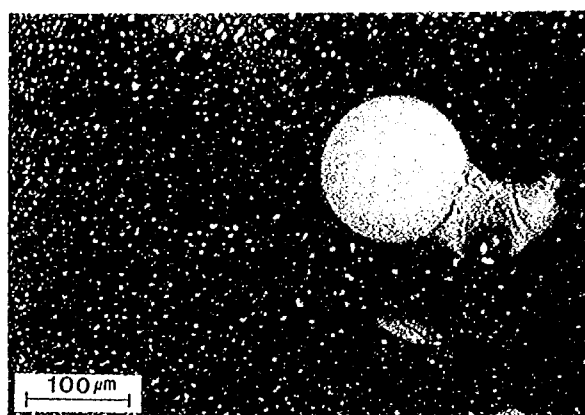


試料番号 24

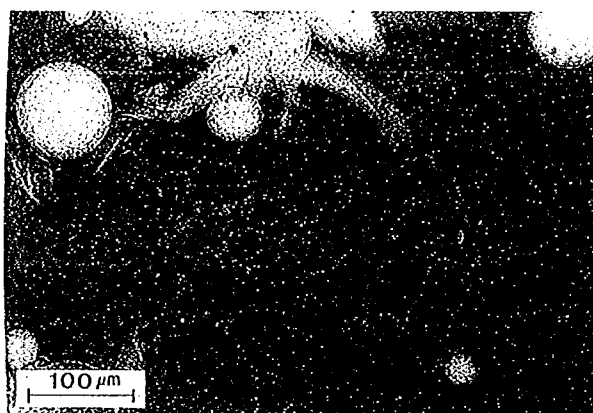
写真-1(4) 顕微鏡撮影結果



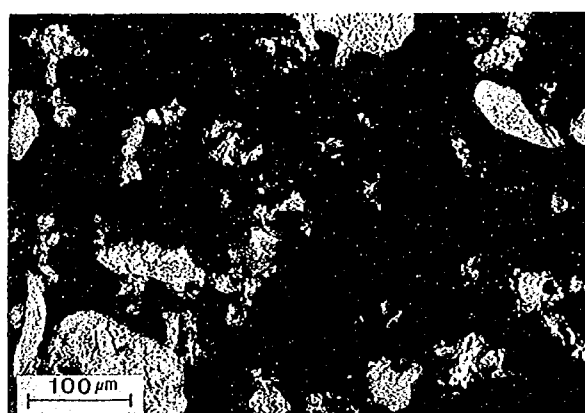
試料番号 25



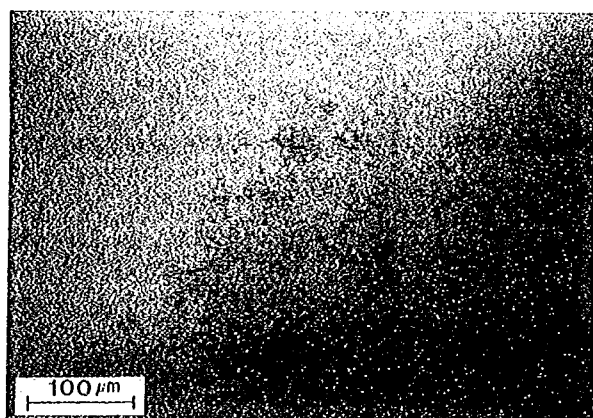
試料番号 26



試料番号 27



試料番号 28



試料番号 29

写真一 1 (5) 顕微鏡撮影結果

6. 結論

各種改質アスファルトの品質性状試験結果の結論は次のとおりである。

1). 針入度

針入度は、大部分が40～70の範囲であるが、一部に30以下のものあるいは80以上を示すものがあった。

2). 軟化点

軟化点は、いずれの改質アスファルトともストアスに比べて高い値を示しており、耐流動に対しては効果が期待できると思われる。

3). 伸度（7℃）

伸度は、ストアス、セミブローンアスファルトに対して、ゴムや熱可塑性樹脂を添加した改質アスファルトの方が大きな値を示していた。この中でもゴム入りアスファルトは大きいといえる。

4). 蒸発後の針入度比

蒸発後の針入度比が大きく変化するものが、一部に認められたが、これは添加した改質材とベースアスファルトの相溶性に起因するものと思われる。

5). 薄膜加熱質量変化

薄膜加熱質量変化は、各改質アスファルトとも小さく問題にはならない値である。

6). 薄膜加熱後の針入度比

薄膜加熱後の針入度比が大きく変化したものとして、セミブローンアスファルトがある。

7). 三塩化エタン

熱可塑性樹脂入りアスファルトのものが、他の改質アスファルトに比べて、可溶性が小さい値を示していた。

8). 引火点

引火点は、各改質アスファルトとも300℃以上であり、プラント混合時の上限温度260℃から考慮しても十分安全な値である。

9). 比重

各改質アスファルトとも、ストアスと比べてあまり差はないといえる。

10). タフネス・テナシティ

タフネス・テナシティはストアスと比べて見ると、各改質アスファルトとも高い値を

示している。この中でも、ゴム入りアスファルトおよび熱可塑性樹脂入りアスファルトは高い値を示す傾向にある。

11). 60℃粘度

特殊な用途のものを除けば、改質アスファルトの60℃粘度はストアスよりはいずれも高く、その値は3倍程度高いものである。

12). 粘度比

粘度比は、1.0～3.6の範囲であった。改質アスファルトは、セミブローンアスファルト等に対して粘度比は小さい値を得ている。

13). 高温粘度 (140、180、200℃粘度)

高温粘度については、ストアスと比べていずれの改質アスファルトとも高い値を示しており、施工時における温度管理に注意する必要があるといえる。

14). 顕微鏡観察

顕微鏡観察をすることによって、ベースアスファルトに添加している改質材の相溶性(分散状態)を確認することができることがわかった。

7. まとめ

現在使用されている28試料の改質アスファルトについて品質性状試験を行ったが、性状および改質効果は、添加する改質材（SBRラテックス、EVA、SIS、SBSなど）の種類および添加量によって大幅に異なっていることがわかった。これらのことから、改質アスファルトをより効果的に用いるには、その性状を的確に把握し、舗装の要求性能に応じて適材適所の利用を図ることが重要といえる。

また、品質性状試験結果から、各種改質アスファルトの用途別の順位をつけると、種類によって差があるがおおむね次のようになる。

- 1). 耐流動対策には軟化点の高いもの、60℃粘度の高いアスファルトの使用が有効であり、その大きさは一般に、セミブローンアスファルト、熱可塑性樹脂入りアスファルト、ゴム・熱可塑性樹脂入りアスファルト、ゴム入りアスファルトの順に大きい。
- 2). 耐摩耗対策には低温伸度およびタフネス・テナシティの大きいアスファルトの使用が有効とも考えられるが、その順はおおむね、ゴム入りアスファルト、ゴム・熱可塑性樹脂入りアスファルト、熱可塑性樹脂入りアスファルト、セミブローンアスファルトとなる。

8. 今後の課題

各種改質アスファルトの品質性状を明らかにした。この結果、バインダーの品質性状の面から、その特徴を生かした使い方をすれば使用目的に対して有効であると考えられる。しかし、一般には、ベースアスファルトに改質材を添加することから高温粘度が高くなり、施工時の温度管理や転圧方法に配慮する必要がある。また、改質アスファルトには各種のものがあ、品質性状も異なることから、有効利用を図るためには、その使い分けと品質規格を整備しておく必要がある。

配布先住所

土木研究所資料第2616号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印