

土 木 研 究 所 資 料

ストレートアスファルトの 性状調査結果(第2報)

昭和 63 年 12 月

建設省土木研究所
道路部舗装研究室

「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、土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。」

ストレートアスファルトの 性状調査結果（第2報）

舗装研究室 室長 安崎 裕
研究員 伊藤 正秀
山口 研一

要 旨

本資料は、土木研究所資料2398号（昭和61年8月）に発表したストレートアスファルトの性状調査結果の続報である。土木研究所資料2398号では、主にストレートアスファルトの性状の現況について報告したが、本資料は、その後に追加したいくつかの解析および混合物試験の結果について報告している。解析はストレートアスファルトに関する各種試験法の精度の検討、性状間の関係について若干の検討を行ったものであり、混合物試験は、混合物性状を通じてストレートアスファルトの性状の検討を行う目的で実施したものである。

検討の結果、いくつかの試験について精度の規定および変更の提案を行い、また混合物試験を通じて、アスファルトのコンシステンシーを表わす性状と、混合物の流動性状についての傾向を明確にすることができた。これらの結果は、今後のアスファルトの規格を検討する上で有用な情報である。

キーワード：舗装、アスファルト舗装、ストレートアスファルト、ホイールトラッキング試験、
ビームコヒージョン試験、動的安定度、60℃粘度

ま え が き

土木研究所舗装研究室では化学研究室と協力して、昭和60年度に、当時日本で生産されていた、すべての舗装用ストレートアスファルトの性状調査を行い、その結果を土木研究所資料2398号「ストレートアスファルトの性状調査結果」として報告した。そこでは舗装用ストレートアスファルトの性状の現況を明らかにするとともに、今後の舗装用ストレートアスファルトの品質性状を考える上で有用となる情報を提供した。

その報告の中で、特に高温粘度試験において粘度の測定点数を3点に減らす可能性が示されていたため、その後、どのように測定温度を変更するか、またその時の混合、締固め温度への影響について検討を行った。その他にも伸び度、高温粘度の試験精度規定の検討、アスファルト性状相互の関係についての解析を行ってきた。今回の報告では、これらの結果、いくつかの試験の規定について変更の提案を行っている。

一方、舗装における一番の関心事は供用性であり、したがって舗装用ストレートアスファルトとして要求される性状というものは、舗装としての供用性を考慮することが重要となる。土木研究所資料2398号は舗装用ストレートアスファルトの性状に関する様々な情報を提供したが、それは舗装用ストレートアスファルト単体での性状についての情報であり、供用性を考慮した性状というものについては言及できない面があった。そこで土木研究所資料2398号と同じ試料について混合物試験を実施し、舗装用ストレートアスファルト性状と混合物性状の関係について検討を加えた。具体的に取り上げた混合物性状は①高温での耐流動性、②混合物の粘着性、の2種類の性状である。このうち、①高温での耐流動性については、60℃粘度規格を舗装用ストレートアスファルト規格に導入すべきか否かの問題について有用な情報を得ることができた。②混合物の粘着性については、明確な傾向が認められず、適切な混合物試験の検討の必要性が指摘された。

目 次

1. 調査の概要	1
1.1 目的	1
1.1.1 アスファルト性状試験方法の検討および性状の解析	1
1.1.2 混合物試験	1
1.2 対象としたアスファルト	1
2. 試験方法の検討	3
2.1 伸度試験の精度	3
2.1.1 目的	3
2.1.2 試験精度の試算	3
2.1.3 精度規定の提案	6
2.2 高温粘度の測定温度	7
2.2.1 目的	7
2.2.2 測定温度の見直し	7
2.2.3 測定温度変更の提案	7
2.3 高温粘度の試験精度	10
2.3.1 目的	10
2.3.2 繰返し精度の見直し	10
2.3.3 温度管理誤差の見直し	13
2.3.4 精度規定変更の提案	15
2.4 まとめ	15
3. アスファルト性状の解析	16
3.1 伸度に関する検討	16
3.2 引火点に関する検討	17
3.3 蒸発後の針入度比試験に関する検討	20
3.4 薄膜加熱試験に関する検討	21
3.4.1 163℃における粘度と性状変化の関係	21
3.4.2 粘度比と伸度の関係	21
3.4.3 針入度指数 (PI) の変化	22
3.5 まとめ	23

4. 混合物試験	24
4.1 試験の概要	24
4.2 使用材料	25
4.2.1 アスファルト	25
4.2.2 骨材	25
4.3 混合物の配合	26
4.4 ホイールトラッキング試験	29
4.4.1 試験結果	29
4.4.2 アスファルト性状との関連	29
4.4.3 60℃粘度の規格への適用性の検討	42
4.5 ビームコヒージョン試験	50
4.6 まとめ	51
5. 結 論	52

1. 調査の概要

1.1 目的

1.1.1 アスファルト性状試験方法の検討および性状の解析

現在、舗装用ストレートアスファルトの性状試験の方法は「JIS K 2207 石油アスファルト」により規定されている。しかし、土木研究所資料2398号では、高温粘度の測定点数等、いくつかの試験について規定の再検討の必要性を指摘していた。さらにこれら指摘事項以外にも、現在の試験精度の規定が実情にそぐわないことなどが判明したため、土木研究所資料2398号で明らかにしたデータを用いて、いくつかの試験規定の検討を行った。また、舗装用ストレートアスファルト性状について新たに生じた疑問点を明らかにするために解析を行った。

1.1.2 混合物試験

舗装用ストレートアスファルトの規格は、供用性の面から必要とされる性状を考慮して定められることが望ましい。しかし、現在の日本の舗装用ストレートアスファルト規格は供用性の面から定められているのではなく、主として舗装用ストレートアスファルトの製造、品質管理の面から定められている。

近年、このような供用性の面から規格を検討した報告もなされるようになってきたが、その代表的なものとして、建設省、(財)日本アスファルト協会が開発したセミブローンアスファルト (AC-100) の品質規格で規定している60℃粘度がある¹⁾。これは混合物試験、試験舗装の供用性の結果から、60℃粘度の規定の必要性を提唱し、望ましい60℃粘度の値を規格値として定めたものであって、アスファルトの品質規格としては、従来と全く異なるプロセスにより定められたということにおいて、特筆すべきものである。そして、このセミブローンアスファルト規格への60℃粘度の導入を契機として、舗装用ストレートアスファルト規格に対しても、60℃粘度の規定を望む意見が聞かれるようになってきた。しかし、セミブローンアスファルトの開発で明らかにされた60℃粘度の有用性は、セミブローンアスファルトのように、耐流動を目的とした高粘度 (60℃粘度が10,000poise 前後) のアスファルトについて確認されたものであって、舗装用ストレートアスファルトのように低い粘度領域における有用性は確認されていない。したがって、舗装用ストレートアスファルト規格に対する60℃粘度規格の必要性を確認することを主な目的として混合物試験を実施した。

1.2 対象としたアスファルト

混合物試験の対象は、表-1.1に示す39種類(40~60 ; 5 サンプル、60~80 ; 23 サンプル、80~100 ; 11 サンプル) の舗装用ストレートアスファルトであり、土木研究所資料2398号で性状が明らかにされたものと同じものである。これらの試料は、昭和60年度に実施した性状調査の後、アルミ缶により密封状態で保存しておいたものである。参考として、アスファルト性状一覧を付表-1~4に示す。

表-1.1 試料の一覧

N0.	会 社 名	製油所	40~60	60~80	80~100
1	アジア共石㈱	坂出製油所		○	
2	出光興産㈱	千葉製油所	○	○	○
3	"	徳山製油所		○	
4	鹿島石油㈱	鹿島製油所		○	○
5	極東石油工業㈱	千葉製油所		○	
6	興亜石油㈱	麻里布製油所		○	
7	コスモ石油㈱	千葉製油所		○	○
8	"	四日市製油所		○	○
9	三共油化工業㈱	市川工場	○	○	
10	昭和シェル石油㈱	川崎製油所	○	○	○
11	西部石油㈱	山口製油所		○	
12	昭和四日市石油㈱	四日市製油所		○	○
13	東亜燃料工業㈱	川崎工場		○	
14	"	和歌山工場		○	
15	東北石油㈱	仙台製油所		○	○
16	日本鉱業㈱	水島製油所		○	
17	"	知多製油所		○	
18	日本石油㈱	新潟製油所		○	
19	日本石油精製㈱	根岸製油所	○	○	○
20	"	室蘭製油所			○
21	富士石油㈱	袖ヶ浦製油所		○	○
22	海南石油精製㈱	海南製油所		○	○
23	三菱石油㈱	川崎製油所	○	○	
24	"	水島製油所		○	

2. 試験方法の検討

2.1 伸度試験の精度

2.1.1 目的

伸度試験は「JIS K 2207 石油アスファルト」に従って実施されており、3本の供試体を同時に試験することとなっているが、そこでは試験精度の規定はされていない。土木研究所資料2398号にも示したように、通常、15℃における伸度測定の場合は、最も伸度が小さいと考えられる針入度40～60のグレードであっても100cm以上の伸度を示し、3本の測定結果のばらつきが問題となることはほとんどない。しかし、10℃伸度、および薄膜加熱後の15℃伸度等は、100cm以下の値を示す場合もあり、その場合には、3本の測定値が大きくばらつくことがある。このような場合、精度の規定がないため、どの程度の値のばらつきを示した時に再試験を実施するのか判断に迷うことになる。そこで、土木研究所資料2398号における10℃伸度のデータを用いて、再試験を必要とする場合の3本の測定結果のばらつきの許容限度について検討を行った。

2.1.2 試験精度の試算

1回の試験における3本のデータについて、 $R = (\text{最大値}) - (\text{最小値})$ とし、これに基づいて検討を行った。各試料における3本の測定値、その平均値 $\bar{x}$ 、 R を計算した結果を表-2.1に示す。また $\bar{x}$ の値により、表-2.1の結果をグループ分けして整理したものを表-2.2に示す。

今、1回の試験における3本のデータを小さいものから順に x_1 、 x_2 、 x_3 とする。このとき、

$$\gamma_{10} = \frac{x_2 - x_1}{x_3 - x_1} = \frac{x_2 - x_1}{R} \quad \dots (2.1)$$

または、

$$\gamma_{10} = \frac{x_3 - x_2}{x_3 - x_1} = \frac{x_3 - x_2}{R} \quad \dots (2.2)$$

は、Dixon 分布に従うと仮定する。このとき、棄却率を $\alpha = 0.05$ とすると、

$$\gamma_{10} \geq 0.941$$

が棄却域となる²⁾。

表-2.1 伸度の測定結果

単位: cm

試料番号	3本の測定値			$\bar{x}$	σ_{n-1}	R
	1	2	3			
40~60- 1	8	8	10	8.7	1.2	2
2	11	16	17.5	14.8	3.4	6.5
3	1	2	8	3.7	3.8	7
4	0	18.5	34	18.0	17.0	34
5	7	7.5	8.5	7.7	0.8	1.5
60~80- 1	118	113	86	106	17.2	32
2	25	26	39	30	7.8	14
3	12	13	71	32	33.8	59
4	140	129	124	127	8.2	16
5	62	35	53	50	13.7	27
6	47	59	41	49	9.2	17
7	20.5	14.5	15.5	16.8	3.2	6
8	10.5	10.0	11.0	10.5	0.5	1
9	35	24	12.5	23.8	11.3	22.5
10	71.5	88.5	53.0	71.0	17.8	35.5
11	73	52.5	47.5	57.7	13.5	25.5
12	140	132	140	140	4.6	8
13	88	95	102	95	7	14
14	44	44	50.5	46.2	3.8	6.5
15	22	22.5	28	24.2	3.3	6
16	33.5	33.5	33.5	33.5	0	0
17	22.5	24.5	29.5	25.5	3.6	7
18	24.5	26.5	22.5	24.5	2	4
19	140	140	140	140	0	0
20	39	48.5	56	47.8	8.5	17
21	34	37	40	37	8.2	6
22	33	33.5	33.5	33.3	0.3	0.5
23	25.5	27.5	32	28.3	3.3	6.5
80~100-1	140	140	140	140	0	0
2	37.5	43.0	49.5	43.3	6.0	12
3	140	140	140	140	0	0
4	140	140	140	140	0	0
5	68	111	84	87.7	21.7	43
6	113	121	123	119	5.3	10
7	57	77	84	73	14.0	27
8	140	140	140	140	0	0
9	140	140	140	140	0	0
10	41	67	96	68	27.5	55
11	66.5	92	117	91.8	25.3	50.5

表-2.2 伸度の値によりグルーピングした伸度試験結果

平均伸度 cm	該当 試料数	$\bar{x}$ の 平均値	$\bar{x}$ の 標準偏差	R		R / $\bar{x} \times 100$	
				平均	標準偏差	平均	標準偏差
0以上20未満	7	11.5	4.3	8.3	11.6	72.8	80.2
20 ~ 40	10	29.2	7.4	12.6	17.6	43.5	56.3
40 ~ 80	9	56.2	12.7	24.7	14.3	42.0	18.8
80 ~ 120	5	99.9	15.3	29.9	17.7	31.5	20.5
120以上 *	8	133.5 (138.0)	6.4 (1.6)	3.0	6.0	2.3	4.6

* $\bar{x} \geq 140$ 以上のデータを除く。() 内は $\bar{x} \geq 140$ 以上を140として含めた場合の値

すると式 (2.1) および (2.2) は、

$$r_{10} = \frac{x_2 - x_1}{R} \geq 0.941 \quad \therefore x_2 - x_1 \geq 0.941R \quad \dots (2.3)$$

または、

$$r_{10} = \frac{x_3 - x_2}{R} \geq 0.941 \quad \therefore x_3 - x_2 \geq 0.941R \quad \dots (2.4)$$

となる。このとき、表-2.2で得られた各グループについて棄却域を計算すると、表-2.3のようになる。これによると、最も棄却域の大きいグループは80~120cmで、その値は28.1cmである。従ってばらつきの許容限界として、30cmという値が一つの目安と考えられる。なお、120cm以上のグループのRが小さいのは、このグループに含まれる試料の多くが平均値140cm以上、すなわち1回の試験において3本とも140cm以上の値を示しているためである。

表-2.3 各グループの棄却率

平均伸度 cm	R	棄却域 0.94R
0以上20未満	8.3	7.8
20 ~ 40	12.6	11.9
40 ~ 80	24.7	23.2
80 ~ 120	29.9	28.1
120以上	3.0	2.8

2.1.3 精度規定の提案

以上の結果と、現在の「JIS K 2207 石油アスファルト」における針入度60～80、80～100の伸度規格値100cm以上を考慮して、伸度試験における精度の規定としては、次のような規定が適切と考えられる。

- ① 3本とも100cmを超えた場合は試験を打ち切って「100cm以上」として報告してよい。
- ② 試験途中、100cm以下で切断した試料が出た場合は、試験を継続し、最大値および最小値と中央値の差が30cm以下の場合は3本の値を平均する。このとき、平均値が100cm以上となった場合は、「100cm以上」として試験結果の報告してよい。
- ③ 最大値および最小値と中央値の差が30cm以上の場合は再試験を行う。再試験においても最大値および最小値と中央値の差が30cm以上の場合、再々試験を行わず、再試験における3本の値を平均して報告する。

2.2 高温粘度の測定温度

2.2.1 目的

現在、アスファルトの高温粘度は4点の温度で測定されている。しかし、土木研究所資料2398号によると、高温粘度は3点で測定しても、混合、締固め温度の算出においては十分な精度が得られるとの方向性が得られた。そこで、高温粘度の測定を3点とした場合の混合、締固め温度に及ぼす影響、またこの場合測定温度をどのようにとるか、ということについて検討を行った。

2.2.2 測定温度の見直し

すべての試料について、次の3とおりの方法で混合、締固め温度を算出（①が現行のJIS K 2207の規定に従ったもの）し、3点の粘度で混合、締固め温度を算出した場合、現行の規定に従って算出した場合とどの程度の違いが生じるか検討を行った。

①120、140、160、180℃粘度による混合、締固め温度の算出（現行規定の方法）

②140、160、180℃粘度による混合、締固め温度の算出、および120℃粘度の推定

③120、140、160℃粘度による混合、締固め温度の算出、および180℃粘度の推定

各試料についての上記の計算結果を表-2.4に、②、③で算出した混合、締固め温度と①で算出した混合、締固め温度の差についてまとめたものを表-2.5に示す。

(1)測定点数の検討

表-2.5によると、測定点数を3点にした場合でも、4点の粘度に基づいて算出した混合、締固め温度と大きな違いは生じていない。したがって、粘度の測定点数は3点としてもよいと考えられる。

(2)測定温度の検討

140、160、180℃粘度による混合、締固め温度、および140、160、180℃粘度による混合、締固め温度の間にも大きな差は認められない。140、160、180℃粘度より推定した120℃粘度と実測値の間には多少差が認められるが、混合、締固め温度を求める際、粘度は $\log(\log)$ でプロットするため、この差は実用上ほとんど影響しないといってよい。以上から、粘度を測定する3点の温度は、現行の20℃刻みの幅で、どのように設定しても問題ないと考えられる。したがって、40～60から80～100グレードの舗装用ストレートアスファルトの混合、締固め温度をカバーする温度範囲を考慮すると、高温粘度の測定は、130、150、170℃とすることが考えられる。

一方、現在の高温粘度の測定は、120、140、160、180℃であり、130、150、170℃と規定を変更した場合、測定温度範囲が狭くなるとともに測定温度がすべて変わる。したがって、すべての温度における粘度のデータが従来のデータと単純な比較はできなくなる恐れがある。そこで120、150、180℃の3点により粘度を測定することが適切な方法として提案される。

2.2.3 測定温度変更の提案

以上の結果、高温粘度は、120、150、180℃の3点で測定する旨、試験の規定を変更することが適切と判断される。

表-2.4 混合、締固め温度の算出結果

120、140、160、180℃における 粘度による混合、締固め温度 (℃)					140、160、180℃における粘度 による混合、締固め温度 (℃)					120、140、160℃における粘度 による混合、締固め温度 (℃)						
試料番号	混合温度		締固め温度		120℃粘度(cSt)		混合温度		締固め温度		180℃粘度(cSt)		混合温度		締固め温度	
	上限	下限	上限	下限	推定値	実測値	上限	下限	上限	下限	推定値	実測値	上限	下限	上限	下限
40-60																
1	165.3	161.9	152.2	147.5	1911.8	1620.0	165.3	162.0	152.7	148.2	108.6	99.7	166.5	163.0	152.9	148.0
2	160.1	156.9	147.7	143.2	1515.3	1300.0	160.3	157.2	148.3	144.0	90.0	83.7	161.0	157.7	148.2	143.5
3	160.1	156.9	147.7	143.2	1409.7	1330.0	160.2	157.0	147.9	143.5	88.4	84.5	160.7	157.4	148.0	143.4
4	162.3	159.3	150.2	145.8	1835.2	1610.0	162.6	159.5	150.7	146.4	95.3	89.3	163.3	160.1	150.7	146.2
5	167.0	163.5	153.7	148.9	1956.1	1760.0	166.9	163.6	154.0	149.3	112.9	107.0	167.8	164.3	154.2	149.3
60-80																
1	158.8	155.6	146.4	141.9	1415.7	1190.0	159.1	156.0	147.2	142.9	86.4	80.5	159.7	156.3	146.9	142.2
2	159.8	156.4	147.0	142.4	1311.8	1200.0	159.9	156.6	147.4	142.9	87.4	86.1	160.0	156.6	147.1	142.4
3	151.7	148.7	139.9	135.7	963.6	832.0	152.2	149.3	140.9	136.8	67.5	63.9	152.2	149.1	140.1	135.8
4	150.4	147.4	138.8	134.6	893.2	784.0	150.9	148.0	139.6	135.6	64.7	60.9	150.9	147.8	138.9	134.6
5	151.8	148.8	140.2	136.0	1006.4	859.0	152.3	149.4	141.2	137.1	67.5	62.8	152.4	149.3	140.5	136.1
6	157.1	153.9	144.7	140.3	1220.5	1070.0	157.4	154.3	145.4	141.1	81.8	77.3	157.8	154.5	145.0	140.5
7	156.5	153.3	144.4	140.1	1281.5	1090.0	156.8	153.8	145.2	141.1	80.0	73.4	157.4	154.2	144.9	140.4
8	158.1	154.9	145.8	141.4	1336.4	1160.0	158.4	155.3	146.5	142.2	84.5	78.7	159.0	155.7	146.2	141.7
9	152.7	149.6	140.8	136.5	1012.4	857.0	153.3	150.3	141.8	137.7	71.0	66.4	153.4	150.2	141.0	136.6
10	156.1	152.9	143.7	139.2	1162.7	984.0	156.5	153.4	144.6	140.3	80.5	75.1	156.9	153.6	144.0	139.4
11	159.3	155.9	146.4	141.8	1323.8	1120.0	159.5	156.3	147.2	142.7	90.3	83.4	160.3	156.8	146.9	142.1
12	154.0	150.9	141.8	137.4	1052.6	893.0	154.5	151.5	142.8	138.5	75.4	69.6	154.9	151.6	142.1	137.6
13	149.5	146.6	138.0	133.9	886.6	751.0	150.2	147.4	139.2	135.2	63.0	58.7	150.1	147.0	138.2	134.0
14	158.3	155.0	145.6	141.0	1285.7	1080.0	158.6	155.5	146.5	142.1	86.7	80.9	159.2	155.8	146.0	141.3
15	157.4	154.1	144.8	140.3	1290.4	1040.0	157.8	154.7	145.9	141.6	84.5	77.5	158.4	155.0	145.3	140.6
16	154.5	151.3	142.3	137.9	1111.9	920.0	155.0	152.0	143.4	139.2	76.5	70.3	155.4	152.1	142.7	138.1
17	158.6	155.3	145.9	141.3	1330.6	1090.0	159.0	155.8	146.9	142.5	88.7	81.3	159.7	156.3	146.4	141.7
18	156.9	153.6	144.2	139.6	1175.9	990.0	157.3	154.2	145.1	140.8	83.3	77.9	157.7	154.3	144.6	139.9
19	155.8	152.7	143.7	139.3	1259.8	1000.0	156.4	153.4	144.9	140.7	79.0	72.9	156.7	153.5	144.1	139.6
20	159.4	156.0	146.4	141.8	1349.6	1100.0	159.7	156.5	147.4	143.0	91.7	83.8	160.6	157.0	147.0	142.1
21	158.9	155.6	146.1	141.5	1298.6	1110.0	159.2	156.0	146.9	142.4	89.6	82.4	160.0	156.5	146.7	141.9
22	154.4	151.3	142.2	137.8	1111.2	907.0	155.0	152.0	143.4	139.2	76.4	70.5	155.3	152.0	142.6	138.0
23	159.8	156.5	146.9	142.3	1397.2	1140.0	160.1	156.9	147.8	143.4	92.4	84.8	161.0	157.5	147.5	142.6
80-100																
1	153.7	150.5	141.4	137.0	1035.6	858.0	154.3	151.3	142.6	138.3	75.3	69.6	154.6	151.2	141.8	137.2
2	156.0	152.7	143.3	138.7	1185.7	908.0	156.6	153.6	144.8	140.5	92.1	71.6	159.2	155.4	144.7	139.6
3	152.5	149.3	140.2	135.8	945.5	805.0	153.0	150.0	141.3	137.0	72.6	67.0	153.3	150.0	140.5	135.9
4	153.2	150.0	140.9	136.5	1041.5	825.0	153.9	150.9	142.3	138.2	74.4	68.1	154.1	150.8	141.3	136.7
5	154.7	151.4	142.1	137.5	1030.9	871.0	155.2	152.0	143.1	138.7	78.3	72.9	155.5	152.1	142.4	137.7
6	155.3	152.0	142.5	138.0	1030.9	893.0	155.6	152.5	143.4	139.0	79.6	74.7	156.0	152.6	142.8	138.1
7	152.0	148.8	139.6	135.2	896.4	769.0	152.6	149.5	140.7	136.4	71.6	67.1	152.6	149.3	139.9	135.3
8	151.0	147.8	138.8	134.4	886.1	737.0	151.7	148.7	140.1	135.9	68.6	64.4	151.6	148.3	139.0	134.5
9	150.2	147.0	138.1	133.8	845.2	714.0	150.9	147.9	139.3	135.1	66.8	62.6	150.7	147.5	138.3	133.8
10	149.0	145.9	137.2	133.0	840.0	691.0	149.8	146.9	138.6	134.6	63.4	59.0	149.5	146.4	137.4	133.0
11	150.4	147.3	138.4	134.1	887.1	731.0	151.2	148.3	139.8	135.7	67.3	62.4	151.1	147.9	138.7	134.2

表-2.5 3点における粘度で算出した場合と

4点における粘度で算出した場合の混合、締固め温度の違い^{*)}。

項 目	②による算出方法 140,160,180℃での回帰				③による算出方法 120,140,160℃での回帰			
	混合温度		締固め温度		混合温度		締固め温度	
	上 限	下 限	上 限	下 限	上 限	下 限	上 限	下 限
平 均	0.421	0.564	0.941	1.092	0.858	0.749	0.397	0.231
標準偏差	0.219	0.242	0.305	0.345	0.446	0.376	0.218	0.167
最 大 値	+0.8	+1.0	+1.5	+1.8	+3.2	+2.7	+1.4	+0.9

*(3点回帰による温度)-(4点回帰による温度)

2.3 高温粘度の試験精度

2.3.1 目的

現在の「JIS K 2207 石油アスファルト」の高温粘度の測定における精度は、

①同一試験室において、同一人が同一装置で日又は時間を変えて同一試料を2回試験した時に得られた試験結果の差は、平均値の1.8%を超えてはならない。

②異なる2試験室において、別人が別装置でそれぞれ一回ずつ試験して求めた試験結果の差は、平均値の8.8%を超えてはならない。

と規定されている。しかし、通常の試験において、①における1.8%の規定を満足することは難しいと考えられる。一方、舗装用ストレートアスファルトにおいては、混合、締固め温度を求めるという目的から考えると、1.8%までの精度は必要とされないといえよう。

さらに、試験機（高温浴槽）の温度の管理精度が $\pm 0.03^{\circ}\text{C}$ と規定されており、この値も非常に厳しい値であり、実際の試験にそぐわないと考えられる。

以上の面から、舗装用ストレートアスファルトの高温粘度の試験精度および試験機（高温浴槽）の温度の管理精度について検討を行った。

2.3.2 繰返し精度の見直し

土木研究所資料2398号では、同一人が日を変えて同一の試料について2回高温粘度試験を行っている。このデータを用いて検討を行った。表-2.6(a)~(d)にデータを示す。

同一試料について得られている2回のデータを x_1 、 x_2 とする。このとき、

$$t = \frac{x_1 - x_2}{\bar{x}} \quad \dots (2.5)$$

ここで、 $\bar{x}$ ：平均値

とし、各試料について120、140、160、180 $^{\circ}\text{C}$ の各温度における t の値を計算した。その統計量を表-2.7に示す。

ここで、 t は正規分布をなすと仮定し、次の計算を行った。

・120 $^{\circ}\text{C}$ における試算

t は正規分布 $N(-0.226, 1.675)$ に従うとした場合、 t の推定区間は、棄却域を $\alpha = 0.05$ の場合、

$$-1.96 \leq \frac{t - (-0.226)}{1.675} \leq 1.96 \quad \dots (2.6)$$

$$\therefore -3.509 \leq t \leq 3.057$$

同様に $\alpha = 0.01$ の場合、

$$\therefore -4.531 \leq t \leq 4.079$$

同様に140、160、180℃においても計算を行った結果を表-2.8に示す。この結果より、「同一試験室において、同一人が同一装置で日又は時間を変えて同一試料を2回試験した時に得られた試験結果の差」の許容差は3%とするとが適切と考えられる。ちなみに、この3%という許容誤差を粘度に換算すると表-2.9のようになる。なお、表-2.9の値は、土木研究所資料2398号の高温粘度試験結果から、120、140、160、180℃における粘度を、40~60、60~80、80~100の各アスファルトの種類に分けて平均し、その平均値に対する許容誤差3%がどの程度の値になるか、温度-粘度関係式を用いて計算したものである。ここで示されている値は、通常の試験における誤差と比較しても妥当な値と考えられる。

表-2.6 (a) 高温粘度測定結果 (120℃)

番 号	測定 回数	高温粘度測定値 (cSt)						再現 精度 %	4データ の変動 係数 %
		1回目測定			2回目測定				
		1	2	精度%	1	2	精度%		
40-60-	1	1618	1620	0.12	1607	1610	0.19	0.6	0.4
	2	1272	1279	0.55	1301	1317	1.2	2.3	1.6
	3	1332	1355	1.8	1304	1310	0.46	2.3	1.8
	4	1602	1609	0.4	1610	1597	0.8	0.4	0.4
	5	1753	1752	0.05	1759	1754	0.28	0.6	0.2
60-80-	1	1209	1204	0.41	1165	1162	0.26	3.4	2.1
	2	1188	1182	0.51	1201	1190	0.92	0.8	0.7
	3	830.0	829.5	0.06	832.9	834.9	0.24	0.5	0.3
	4	789.8	783.7	0.77	783.9	777.0	0.88	0.9	0.7
	5	871.8	863.3	0.98	849.2	849.6	0.05	2.2	1.3
	6	1067	1069	0.19	1071	1069	0.19	0	0.2
	7	1098	1103	0.45	1075	1081	0.56	1.8	1.2
	8	1105	1112	0.63	1198	1204	0.50	7.8	4.6
	9	854.8	856.1	0.15	856.7	858.7	0.23	0.4	0.2
	10	978.9	982.2	0.34	986.7	988.1	0.14	0.6	0.4
	11	1118	1120	0.18	1115	1119	0.36	0	0.2
	12	891.3	892.2	0.10	893.4	892.7	0.08	0.1	0.1
	13	741.2	741.6	0.05	756.8	764.0	0.09	2.5	1.5
	14	1076	1075	0.09	1082	1086	0.37	0.7	0.5
	15	1032	1032	0	1034	1036	0.19	1.0	0.2
	16	919.3	919.1	0.02	919.8	919.8	0	0.1	0.0
	17	1084	1086	0.18	1091	1092	0.09	0.6	0.4
	18	990.7	992.7	0.20	986.3	988.3	0.20	0.5	0.3
	19	1002	1006	0.40	1001	1000	1.00	0	0.3
	20	1099	1102	0.27	1101	1102	0.09	0	0.1
	21	1109	1108	0.09	1108	1106	0.18	0	0.1
	22	901.9	901.6	0.03	910.9	911.8	0.01	1.0	0.6
	23	1144	1144	0	1144	1145	0.09	0	0.0
80-100-	1	857.5	857.6	0.01	856.3	857.2	0.11	0.1	0.1
	2	908.1	907.4	0.08	905.8	908.1	0.25	0.1	0.1
	3	801.5	802.3	0.10	806.4	810.2	0.47	0.7	0.5
	4	825.8	826.1	0.04	822.8	824.1	0.16	0.4	0.2
	5	870.6	870.9	0.03	870.5	869.4	0.13	0.1	0.1
	6	893.8	894.7	0.1	891.1	893.7	0.29	0.2	0.2
	7	763.6	763.8	0.03	774.6	773.1	0.19	1.3	0.8
	8	736.9	736.6	0.04	737.6	736.9	0.09	0	0.1
	9	711.0	709.4	0.23	717.3	717.9	0.08	1.1	0.6
	10	688.5	686.8	0.25	693.4	691.7	0.25	0.7	0.4
	11	735.6	732.7	0.40	727.7	727.2	0.07	1.0	0.6

表-2.6 (b) 高温粘度測定結果 (140℃)

番 号	測定 回数	高温粘度測定値 (cSt)						再現 精度 %	4データ の変動 係数 %
		1回目測定			2回目測定				
		1	2	精度%	1	2	精度%		
40-60-1	1	519.0	505.7	2.6	533.7	516.5	3.28	2.5	2.2
	2	420.0	420.1	0.02	424.2	421.1	0.73	0.7	0.5
	3	408.5	404.5	0.98	407.6	407.5	0.02	0.2	0.4
	4	481.8	484.3	0.52	479.3	476.4	0.61	1.0	0.7
	5	548.8	57.6	0.22	539.4	547.5	1.49	0.9	0.8
60-80-1	1	400.4	396.0	1.10	402.8	401.5	0.07	1.0	0.7
	2	399.7	395.3	1.11	404.4	401.5	0.72	1.2	1.0
	3	291.8	292.8	0.34	292.3	292.0	0.10	0	0.1
	4	276.1	273.9	0.8	273.7	269.1	1.70	1.5	1.1
	5	295.0	292.8	0.75	294.8	294.2	0.20	0.3	0.3
	6	362.7	363.0	0.08	364.1	362.7	0.39	0	0.2
	7	360.3	359.7	0.17	361.9	360.8	0.30	0.3	0.3
	8	384.3	381.5	0.73	381.3	382.8	0.41	0.3	0.4
	9	303.7	301.7	0.66	306.0	306.4	0.13	1.0	0.7
	10	347.9	347.1	0.23	350.3	350.1	0.06	0.6	0.5
	11	391.5	391.6	0.03	392.9	392.2	0.18	0.3	0.2
	12	317.6	316.6	0.32	319.3	316.9	0.75	0.3	0.4
	13	268.4	268.1	0.11	265.5	265.2	0.11	1.1	0.6
	14	379.2	378.9	0.08	383.7	384.1	0.10	1.3	0.7
	15	373.5	372.1	0.38	375.3	374.1	0.32	0.5	0.4
	16	328.4	328.4	0	329.8	329.2	0.18	0.6	0.2
	17	388.8	388.8	0	388.7	388.1	0.15	0.3	0.4
	18	358.6	356.0	0.73	359.3	359.1	0.06	0.6	0.4
	19	358.8	359.5	0.19	357.7	359.1	0.39	0.3	0.2
	20	398.0	398.1	0.03	397.1	396.6	0.13	0.3	0.2
	21	385.9	384.1	0.47	387.6	386.6	0.26	0.5	0.4
	22	328.6	332.9	1.3	328.5	328.4	0.03	0.9	0.7
	23	407.0	406.2	0.20	408.4	406.7	0.42	0.2	0.2
80-100-1	1	314.0	312.6	0.45	318.4	317.3	0.35	1.6	0.3
	2	332.9	331.4	0.45	333.5	334.6	0.33	0.6	0.4
	3	296.5	290.3	2.11	297.0	296.1	0.30	1.4	1.1
	4	315.2	313.7	0.48	313.3	313.9	0.19	0	0.3
	5	321.8	319.6	0.69	324.8	323.1	0.52	0.9	0.7
	6	327.4	326.6	0.24	326.4	327.0	0.18	0	0.1
	7	287.6	288.2	0.21	288.6	287.0	0.56	0	0.2
	8	281.6	282.6	0.35	280.4	279.4	0.36	0.7	0.5
	9	266.1	267.9	0.67	273.0	273.0	0	2.2	1.3
	10	260.7	261.2	0.19	260.4	260.5	0.04	0.4	0.1
	11	278.6	277.8	0.14	274.5	272.6	0.69	1.8	1.0

表-2.6 (c) 高温粘度測定結果 (160℃)

番 号	測定 回数 粘度管	高温粘度測定値 (cSt)						再現 精度 %	4 データ の変動 係数 %
		1 回目測定			2 回目測定				
		1	2	精度%	1	2	精度%		
40-60-	1	209.2	208.4	0.38	208.6	209.4	0.38	0	0.2
	2	171.9	172.7	0.46	170.3	169.0	0.77	1.2	1.0
	3	172.8	175.5	1.55	167.4	167.5	0.06	3.5	2.4
	4	188.2	188.9	0.37	187.7	187.0	0.37	1.1	0.4
	5	221.8	216.8	2.28	221.0	220.8	0.09	0.9	1.0
60-80-	1	161.8	160.6	0.74	162.4	161.7	0.43	0.6	0.5
	2	164.5	163.0	0.92	165.2	163.1	1.28	0	0.7
	3	123.6	123.2	0.32	123.1	122.8	0.24	0	0.3
	4	116.8	117.1	0.26	117.8	117.6	0.17	0.8	0.4
	5	123.3	123.4	0.08	125.3	124.6	0.55	1.6	0.8
	6	152.8	153.3	0.33	149.4	149.9	0.33	2.0	1.3
	7	149.5	149.2	0.20	151.3	149.9	0.93	1.3	0.6
	8	160.5	161.2	0.44	155.6	157.3	1.09	3.1	1.7
	9	128.8	127.9	0.70	127.9	129.3	1.09	0.8	0.5
	10	146.8	147.0	0.14	146.1	145.7	0.27	0.7	0.4
	11	166.7	166.2	0.30	165.9	166.1	0.12	0	0.2
	12	136.8	137.0	0.15	135.8	136.3	0.37	0.7	0.4
	13	113.5	113.7	0.18	112.6	112.6	0	0.9	0.5
	14	158.0	158.2	0.13	158.4	159.0	0.38	0.6	0.3
	15	153.3	153.1	0.13	153.7	154.7	0.65	0.6	0.5
	16	138.9	139.4	0.36	138.8	138.6	0.14	0	0.2
	17	161.0	161.3	0.19	162.1	162.2	0.06	0.6	0.4
	18	150.4	150.9	0.40	151.8	151.1	0.46	0	0.4
	19	143.8	143.5	0.21	144.7	144.1	0.41	0	0.4
	20	166.7	166.6	0.06	166.5	166.3	0.12	0.6	0.1
	21	164.1	164.2	0.06	164.5	164.6	0.06	0.6	0.1
	22	137.8	137.6	0.15	138.1	138.2	0.07	0	0.2
	23	169.7	169.1	0.35	168.8	168.0	0.48	0.6	0.4
80-100-	1	134.0	133.9	0.07	134.5	134.8	0.22	0.7	0.3
	2	138.6	138.2	0.29	138.5	138.3	0.14	0	0.1
	3	129.1	129.0	0.08	129.9	130.0	0.08	0.8	0.4
	4	131.4	131.1	0.23	131.9	131.8	0.15	0.8	0.3
	5	140.2	140.7	0.36	138.8	139.0	0.14	0.7	0.7
	6	141.9	141.4	0.35	142.7	142.4	0.21	0.7	0.4
	7	127.0	126.0	0.79	126.6	126.8	0.16	0	0.3
	8	120.6	120.8	0.17	120.5	120.6	0.08	0	0.1
	9	117.5	117.8	0.25	117.4	117.3	0.09	0.8	0.2
	10	111.4	111.6	0.18	112.5	112.2	0.27	0	0.5
	11	119.8	118.9	0.75	118.6	118.2	0.34	0.8	0.6

表-2.6 (d) 高温粘度測定結果 (180℃)

番 号	測定 回数 粘度管	高温粘度測定値 (cSt)						再現 精度 %	4 データ の変動 係数 %
		1 回目測定			2 回目測定				
		1	2	精度 %	1	2	精度 %		
40-60-	1	99.97	99.79	0.18	99.63	99.41	0.22	0.4	0.2
	2	83.75	84.10	0.42	84.55	82.19	2.83	0.6	1.2
	3	85.02	85.33	0.36	83.92	83.62	0.36	1.7	1.0
	4	89.93	86.65	3.72	90.03	90.38	0.39	2.1	2.0
	5	106.1	106.2	0.09	106.4	106.9	0.47	0.9	0.3
60-80-	1	80.53	80.52	0.12	80.42	80.65	0.29	0	0.1
	2	85.9	86.3	0.46	86.34	86.26	0.09	0.5	0.3
	3	63.63	63.55	0.30	63.96	64.31	0.55	0.8	0.5
	4	60.53	60.14	0.65	61.27	61.69	0.68	1.8	1.2
	5	62.77	62.60	0.27	62.69	62.84	0.24	0.2	0.2
	6	77.16	77.18	0.03	77.35	77.39	0.05	0.3	0.2
	7	73.70	73.18	0.70	73.33	73.56	0.31	0	0.3
	8	78.54	78.55	0.01	78.47	79.41	1.19	0.5	0.6
	9	66.44	66.64	0.3	66.16	66.03	0.20	0.8	0.4
	10	75.27	74.88	0.52	75.14	75.05	0.12	0	0.2
	11	83.00	83.12	0.14	83.54	83.93	0.47	0.7	0.5
	12	69.43	69.37	0.09	69.84	69.74	0.14	0.6	0.3
	13	58.49	58.72	0.39	58.76	58.63	0.22	0.2	0.2
	14	80.49	80.63	0.17	81.08	81.23	0.18	0.7	0.4
	15	77.55	77.39	0.21	77.40	77.47	0.09	0.1	0.1
	16	70.34	70.11	0.33	70.24	70.53	0.41	0.3	0.3
	17	81.14	80.95	0.23	81.42	81.56	0.17	0.6	0.3
	18	77.74	77.62	0.15	77.84	78.17	0.42	0.4	0.3
	19	72.29	72.85	0.77	73.13	73.02	0.15	0.7	0.5
	20	83.39	83.49	0.12	84.25	84.07	0.21	1.0	0.5
	21	82.47	82.46	0.01	82.34	82.12	0.27	0.4	0.2
	22	70.60	70.69	0.13	70.25	70.39	0.20	0.4	0.3
	23	84.98	84.82	0.19	84.81	84.64	0.20	0.2	0.2
80-100-	1	69.75	69.65	0.14	69.39	69.48	0.13	0.4	0.2
	2	71.92	71.72	0.28	71.63	71.16	0.66	0.3	0.4
	3	67.36	67.08	0.42	66.75	66.66	0.13	0.7	0.5
	4	68.05	68.11	0.09	68.15	67.87	0.41	0.1	0.2
	5	72.69	72.35	0.47	73.23	73.35	0.16	1.1	0.6
	6	74.47	74.23	0.32	74.75	75.12	0.49	0.7	0.5
	7	67.52	67.39	0.19	66.60	66.73	0.20	1.2	0.7
	8	64.45	64.47	0.03	64.18	64.37	0.30	0.3	0.2
	9	62.39	62.30	0.14	62.99	62.77	0.35	1.0	0.5
	10	58.86	58.64	0.37	58.77	59.43	1.1	0.5	0.6
	11	62.25	62.13	0.19	62.39	62.64	0.40	0.5	0.4

表-2.7 t の統計値

温度 ℃	t	σ_{n-1}
120	-0.226	1.675
140	-0.331	0.896
160	0.182	1.050
180	-0.218	0.748

表-2.8 繰返し精度の推定区間

測定温度℃	繰返し精度の推定区間 %	
	$\alpha=0.05$ の場合	$\alpha=0.01$ の場合
120	-3.509~3.057	-4.531~4.079
140	-2.087~1.425	-2.634~1.972
160	-1.876~2.240	-2.517~2.881
180	-1.684~1.248	-2.140~1.704

表-2.9 繰返し精度を3%としたときの
粘度の許容誤差(グレード別平均)

アスファルト のグレード	測定 温度	平均粘度 cSt	許容誤差 cSt
40～60	120	1524	45.72
	140	475	14.25
	160	192	5.76
	180	92.8	2.78
60～80	120	1007	30.21
	140	353	10.59
	160	148	4.44
	180	74.7	2.24
80～100	120	800	24.0
	140	299	8.97
	160	131	3.93
	180	67.2	2.02

2.3.3 温度管理誤差の見直し

「同一試験室において、同一人が同一装置で日又は時間を変えて同一試料を2回試験した時に得られた試験結果の差」の許容差を3%としたときに、試験機(高温浴槽)の温度の管理精度を検討した。
いま、温度管理による誤差を ε_1 、操作上の誤差を ε_2 とすると、

$$\text{全体の誤差} : \varepsilon = \sqrt{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0.03 \quad \cdots (2.7)$$

ここで、温度管理による誤差 ε_1 と操作上の誤差 ε_2 が同じ程度と仮定すると、

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_2$$

となり、式(2.7)は

$$\begin{aligned} \sqrt{2\varepsilon_1^2} &= 0.03 \\ \therefore \varepsilon_1 &= 0.0212 \end{aligned}$$

したがって、温度管理で許容される誤差を2.12%とする。

次に、この2.12%が粘度に換算した場合、どの程度の粘度の幅となって現われてくるのか、試算した。

(試算例：40～60の場合)

40～60アスファルトを最も代表するサンプルとして、表-1.1に示されている試料番号40～60-4を用いる。この試料の温度-粘度関係式は式(2.8)である。

$$\text{温度-粘度関係式} : \log(\log(\text{Vis})) = -1.225 \log t + 3.055 \quad \cdots (2.8)$$

ここで、 t : 温度 (°C)

Vis : 温度 t における粘度 (cSt)

式(2.8)を変形して、

$$\therefore t = 10^{-\frac{1}{1.25}(\log(\log(Vis)) - 3.055)} \quad \dots (2.9)$$

試料40~60-4の120°Cにおける粘度は1610 (cSt)。このとき、許容誤差2.12%を考慮すると粘度の幅は、

$$1610 \times (100 - 2.12) \leq Vis \leq 1610 \times (100 + 2.12)$$

$$\therefore 1576 \leq Vis \leq 1644$$

この粘度の範囲を式(2.9)により、温度に換算すると、

$$\therefore 120.16 \leq t \leq 120.72$$

したがって、目標温度に対する温度誤差の許容幅は、

$$\frac{120.16 - 120.72}{2} = 0.28(^{\circ}\text{C})$$

となる。

同様の手順で40~60の他の温度、60~80、80~100についても温度の許容誤差を計算した結果を表-2.10に示す。

表-2.10によると浴槽の温度管理誤差として、許容される範囲は $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ となろう。一方、通常の浴槽では、 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 程度の温度管理は可能であることを考慮して、高温粘度試験における浴槽の温度管理誤差を 0.1°C とすることを提案する。

表-2.10 各グレード代表サンプルについての
温度管理誤差の試算結果

グレード	試算した 試料番号	温度管理誤差の許容限界			
		120	140	160	180
40~60	4	0.28	0.39	0.54	0.70
60~80	19	0.32	0.42	0.58	0.76
80~100	3	0.34	0.45	0.61	0.80

2.3.4 精度規定変更の提案

以上の結果より、舗装用ストレートアスファルトを対象とした場合に限り、高温粘度試験の規定を下記のように変更することを提案する。

- 1)同一試験室において、同一人が同一装置で日又は時間を変えて同一試料を2回試験した時に得られた試験結果の差」の許容差は3%とする。
- 2)浴槽の温度管理の許容誤差を0.1℃とする。

2.4 まとめ

実際の試験を行ったデータに基づき、各種の試験規定の検討を行った。その結果を要約すると次のようである。

- 1)伸度試験における試験精度の提案を行った。
- 2)高温粘度を測定する温度を120、150、180℃とすることを提案した。
- 3)高温粘度試験における、試験精度および浴槽の温度管理の許容誤差の見直しを提案した。

3. アスファルト性状の解析

3.1 伸度に関する検討

土木研究所資料2398号では、10℃および7℃における伸度が試料によりかなり異なった値となることが示された。そこで、低温伸度、および温度変化に伴う伸度の変化と他の性状の関連について検討を行った。伸度の温度勾配と各種性状の相関係数の一覧を表-3.1に示すが、相関係数の高いものは認められない。

また薄膜加熱試験後、回転式薄膜加熱試験後の伸度も試料によりかなり異なった値を示すため、他の性状との相関について検討したが（表-3.2）、軟化点と関連が認められた以外は、特に関連のあるものは認められなかった。

表-3.1 10℃伸度と他の性状の関係

性状項目		相 関 係 数	
		10℃伸度 ¹⁾	$\log(15^\circ\text{C}) - \log(10^\circ\text{C})$ ²⁾
針入度	(25℃)	0.668	
	(5℃)	0.267	
軟化点		-0.793	
P. I		-0.255	0.199
60℃粘度		-0.520	
高温粘度	120℃	-0.538	
	140℃	-0.501	
	160℃	-0.500	
	180℃	-0.458	
伸度	15℃	—	
	7℃	—	
三塩化エタン可溶分		0.112	
引火点		-0.159	0.092
蒸発試験	質量変化率	-0.250	0.222
	針入度比	-0.073	0.128
組成分析	アスファルテン	-0.452	0.451
	飽和分	0.179	-0.174
	芳香族分	0.163	0.090
	レジン分	-0.029	-0.074
	回収率	-0.155	
パラフィン分		0.090	0.156
比重		-0.265	
薄膜加熱試験	質量変化率	-0.169	
	針入度	0.751	
	針入度変化率	-0.153	-0.096
	軟化点	-0.734	
	P. I	-0.306	
	60℃粘度	-0.517	
	60℃粘度比	-0.090	0.165
	伸度(15℃)	0.707	
	組成分析	アスファルテン	-0.274
		含有量変化量	-0.189
	飽和分	含有量	0.156
		変化量	0.292
	芳香族分	含有量	0.055
		変化量	-0.180
	レジン分	含有量	-0.095
		変化量	0.119
	回収率		-0.093
回転薄膜加熱	質量変化率	-0.114	
	針入度	0.693	
	針入度変化率	-0.161	
	軟化点	-0.726	
	P. I	-0.239	
	60℃粘度	-0.590	
	60℃粘度比	-0.335	
	伸度(15℃)	0.889	

1) 60-80、80-100についての結果

2) 60-80についての結果

表-3.2 加熱試験後の伸度と他の性状の関係
(60~80、80~100)

性状項目		相 関 係 数	
		TFOT後伸度	RTFOT後伸度
針入度	(25℃)	0.388	0.586
	(5℃)	0.188	0.121
軟化点		-0.572	-0.812
P. I		-0.353	-0.427
60℃粘度		-0.348	-0.606
高温粘度	120℃	-0.302	-0.623
	140℃	-0.312	-0.624
	160℃	-0.346	-0.635
	180℃	-0.293	-0.585
伸度	10℃	0.707	0.889
	7℃	0.664	0.722
三塩化エタン可溶分		0.211	0.108
引火点		0.009	0.009
蒸発試験	質量変化率	-0.173	-0.187
	針入度比	0.283	0.017
組成分析	アスファルテン	-0.547	-0.615
	飽和分	0.073	0.128
	芳香族分	0.193	0.264
	レジン分	0.150	-0.128
	回収率	-0.147	-0.073
パラフィン分		-0.079	0.155
比重		-0.275	-0.334
薄膜加熱試験	質量変化率	-0.062	-0.048
	針入度	0.601	0.719
	針入度変化率	0.206	-0.031
	軟化点	-0.726	-0.841
	P. I	-0.483	-0.528
	60℃粘度	-0.524	-0.689
	60℃粘度比	-0.376	-0.284
	組成分析	アスファルテン	-0.392
		飽和分	0.135
	芳香族分	含有量	0.090
		変化量	0.146
	レジン分	含有量	0.026
		変化量	0.091
	回収率		-0.063
	質量変化率	-0.003	-0.033
回転薄膜加熱	針入度	0.517	0.621
	針入度変化率	0.177	-0.110
	軟化点	-0.634	-0.830
	P. I	-0.322	-0.465
	60℃粘度	-0.475	-0.740
60℃粘度比		-0.397	-0.521

3.2 引火点に関する検討

現在、JISの石油アスファルト40～60、60～80、80～100の規格においては、引火点は260℃以上と規定されている。しかし、

①現在の舗装用石油アスファルトでは、規格値を下回るものが出荷されることは皆無である（土木研究所資料2398号においても最も引火点が高い場合でも296℃であり、ほとんどの試料が300℃以上の引火点であることが示されている）。

②引火点が高いということは、揮発性の成分が多いためであり、この傾向は薄膜加熱質量変化率によっても評価できる可能性がある。

ということから引火点規定の不要論があり、一方、

③引火点は唯一の安全性を判断する指標である。

という引火点規定の必要論があって、引火点試験の必要性に対して議論があった。そこで、特に引火点と薄膜加熱質量変化率の関連について検討を行い、引火点試験を廃止することが可能か検討することとした。

図-3.1に引火点と薄膜加熱質量変化率の関連（60～80についての結果）を示す。この結果によると両性状の相関はある程度認められる。しかし、薄膜加熱質量変化率のばらつきの範囲が狭く、薄膜加熱質量変化率をもって引火の難易を評価し、引火点の規定を廃止するということは適切ではないと判断される。実際の製品の引火点に対して現在の規格値が意義あるものなのか、という議論は残るとしても、現在の規格においては、引火点の項目は残しておくべきであろう。引火点と回転式薄膜加熱質量変化率の関連（60～80についての結果）についても検討を行ったが（図-3.2）、薄膜加熱試験の場合と同様、質量変化率のばらつきの範囲が狭く、回転式薄膜加熱質量変化率をもって引火の難易を評価することは困難であろう。なお、他の性状も含め、引火点との相関係数一覧を表-3.3に示す。

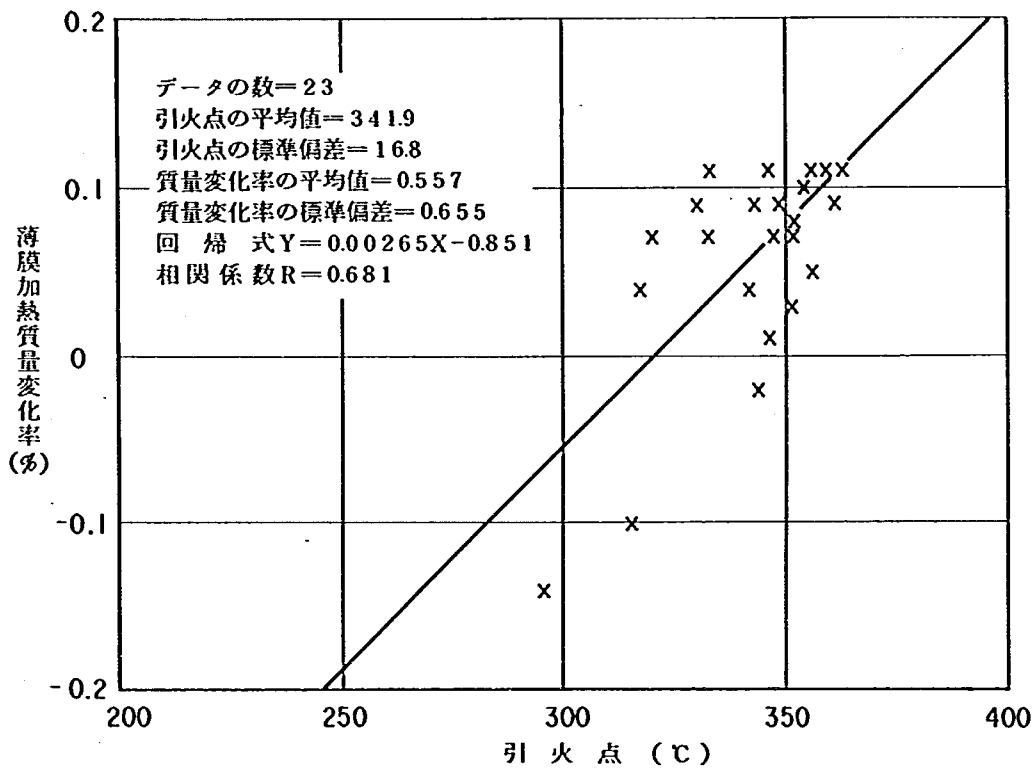


図-3.1 引火点と薄膜加熱質量変化率の関係 (60~80)

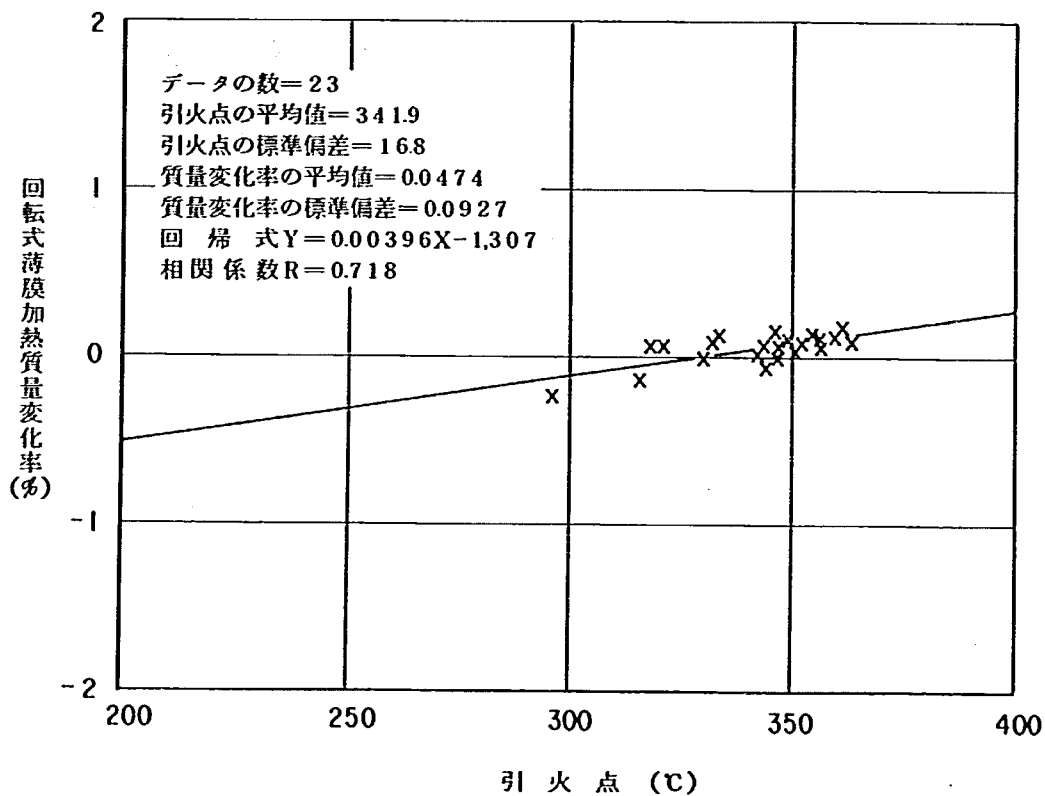


図-3.2 引火点と回転式薄膜加熱質量変化率の関係 (60~80)

表-3.3 引火点と他の性状の関係 (60~80)

性状項目		相関係数	
針入度	(25℃)	-0.400	
	(5℃)	-0.272	
軟化点		0.142	
P. I		-0.054	
60℃粘度		-0.237	
高温 粘度	120℃	0.028	
	140℃	-0.003	
	160℃	0.026	
	180℃	0.06	
伸 度	15℃	—	
	10℃	-0.343	
	7℃	-0.426	
三塩化エタン可溶分		-0.166	
蒸発 試験	質量変化率	0.428	
	針入度比	0.088	
組 成 分 析	アスファルテン	-0.346	
	飽和分	-0.531	
	芳香族分	0.685	
	レジン分	0.316	
	回収率	0.517	
パラフィン分		0.505	
比重		-0.013	
薄 膜 加 熱 試 験	質量変化率	0.681	
	針入度	-0.119	
	針入度変化率	0.226	
	軟化点	-0.205	
	P. I	-0.332	
	60℃粘度	-0.454	
	60℃粘度比	-0.435	
	伸度(15℃)	-0.149	
	組 成 分 析	アスファルテン	-0.376
		飽和分	-0.295
		芳香族分	0.604
		レジン分	0.370
		回収率	0.600
回 転 薄 膜 加 熱	質量変化率	0.718	
	針入度	-0.165	
	針入度変化率	0.229	
	軟化点	-0.257	
	P. I	-0.372	
	60℃粘度	-0.442	
	60℃粘度比	-0.378	
伸度(15℃)	-0.102		

3.3 蒸発後の針入度比試験に関する検討

土木研究所資料2398号では、蒸発後の針入度比試験において、かき混ぜないカップの針入度を測定する際、針入度の3点の測定値がばらつくものがあることが報告されている。このばらつきがアスファルトのどのような性状に起因するものかを検討するために、かき混ぜない試料における針入度のばらつきと他の性状の関連について検討を行った。針入度比試験は2回行っており、かき混ぜない試料の針入度は3(点/カップ)×2(カップ)=6点測定しているため、この6点の針入度の変動係数と他の性状の関連を検討した。結果を表-3.4に示すが、いずれも関連は低く、蒸発後の針入度試験における針入度の測定値のばらつきが何に起因するものなのかは判定できなかった。

表-3.4 針入度比のばらつきと他の性状の相関係数

項 目		相関係数
10℃伸度		0.09
引火点		-0.09
蒸発質量変化		-0.26
針入度比		-0.19
アスファルテン分		-0.10
レンジ分		0.18
芳香族分		-0.07
飽和分		0.14
薄膜加熱	質量変化率	-0.10
	針入度変化率	-0.30
	粘度比	0.32
	伸度	0.006
回薄転膜式加熱	質量変化率	-0.18
	針入度変化率	-0.17
	粘度比	0.04
	後の伸度	0.05

3.4 薄膜加熱試験に関する検討

3.4.1 163℃における粘度と性状変化の関係

アスファルトの劣化（主として熱劣化と考えられる）は、薄膜加熱試験により評価するのが一般的である。この薄膜加熱試験は、3 mm程度の厚さの試料を163℃の条件で5時間加熱することにより、劣化の程度を評価している。この場合の温度条件は、特別な場合を除いて変更されることはない。しかし、個々のアスファルトは異なるコンシステンシーを持っているため、163℃における粘度も異なる。したがって同じ温度条件下では、硬いアスファルトは粘度が高く、加熱時の対流が少ないため表面のみが劣化し、軟らかいアスファルトは粘度が低く、一様な劣化を受ける可能性がある。この場合、一定温度で実施する薄膜加熱試験では、個々のアスファルトの劣化の難易よりも粘度の大小の影響が強くでる可能性がある。

この問題について検討するため、高温粘度－温度の関係式より163℃における粘度を求め、この値と薄膜加熱試験結果の関係について検討を行った。表－3.5に薄膜加熱質量変化率および針入度変化率と163℃粘度の相関係数、回転式薄膜加熱質量変化率および針入度変化率と163℃粘度の相関係数を示す。なお、回転式薄膜加熱試験は、ガラス容器の内面に沿って強制的にアスファルトを薄膜状で移動させながら加熱するため、粘度にかかわらず一定の加熱条件を与え、回転式薄膜加熱試験後の性状と163℃粘度の間には関係はないものと予想された。

表－3.5の結果によると、163℃粘度は特に薄膜加熱後の性状と関連はないと判断される。また薄膜加熱試験の場合と回転式薄膜加熱試験の場合を比較しても、両者の間に違いは認められない。したがって、舗装用ストレートアスファルト40～60、60～80、80～100においては、薄膜加熱試験における粘度の違いが劣化性状に及ぼす影響について、無視しても差し支えないと考えられる。

表－3.5 163℃粘度と他の性状の相関係数

項 目		相 関 係 数
薄膜 加熱後	針入度変化率	0.44
	質量変化率	0.30
回転式 薄膜加熱後	針入度変化率	0.46
	質量変化率	0.27

3.4.2 粘度比と伸度の関係

薄膜加熱試験前後の60℃粘度の比（薄膜加熱試験後の60℃粘度／薄膜加熱試験前の60℃粘度）はアスファルトの劣化の難易の程度を示すものであり、供用中のひび割れ性状とも関連があるといわれている¹⁾。一方、伸度もその意義については議論があるものの、一般的にはアスファルトの伸びやすさ（延性）を表わし、供用中の舗装のひび割れ性状と関連があるといわれている^{3) 4)}。土木研究所資料2398号では加熱後の15℃伸度および加熱前の10℃伸度が試料によってばらつくことが報告されており、これら伸度と粘度比の関係について検討した。薄膜加熱試験および回転式薄膜加熱試験後の伸度と、これら加熱試験における粘度比の相関係数は表－3.2に示したとおりであるが、明確な相関は認められない。したがって加熱試験後の伸度と粘度比を全く同列の試験として扱うことはできない。しかし、

実際の供用性に対して、加熱後の伸度、粘度比のどちらが関連が高いかについては不明であり、この点についての検討が必要と考えられる。

3.4.3 針入度指数（P I）の変化

P Iは、温度の変化に伴うアスファルトのコンシステンシーの変化の程度（感温性）を表わすもので、P Iの値が小さい（マイナス側の値）ほど、アスファルトのコンシステンシーは温度によって変化しやすい、すなわち低温で脆い状態になりやすいといわれている⁵⁾。一般にアスファルトは加熱によって劣化を受けることにより、感温性が変化する。そこで加熱によるP Iの変化が他の性状とどのような関係にあるのか検討した。表-3.6に相関係数の一覧を示すがいずれも相関は低く、傾向は認められない。

表-3.6 加熱によるP Iの変化と他の性状の相関係数

項	目	相関係数
$\frac{\text{薄膜加熱後の P I}}{\text{加熱前の P I}}$	薄膜加熱 針入度変化率	-0.46
	粘度比	0.10
	伸度	0.18
	P I	0.37
	10℃伸度	0.17
	引火点	0.25
	アスファルテン分	-0.27
	レジン分	-0.07
	芳香族分	0.32
	飽和分	-0.06
$\frac{\text{回転式薄膜加熱後の P I}}{\text{加熱前の P I}}$	回転式加熱 針入度変化率	-0.21
	粘度比	-0.43
	伸度	0.39
	P I	0.07

3.5 まとめ

アスファルト性状についての解析結果をまとめると次のようである。

- (1)低温伸度は個々のアスファルトの性状の違いが大きく現れる試験であるが、他の性状で低温伸度と関連のあるものはない。今後、低温伸度の違いが、アスファルト混合物の性状にどのような影響を及ぼすのか検討する必要がある。
- (2)薄膜加熱質量変化率試験と引火点試験の関連は薄く、引火点試験を廃止することは適切ではない。
- (3)蒸発後の針入度比試験における、1カップ3点の測定値のばらつきと他の性状の間に関連は認められない。今後、ばらつきが生じる原因、および測定時のばらつきの許容範囲等について検討する必要がある。
- (4)舗装用石油アスファルト40～60、60～80、80～100においては、薄膜加熱試験時のアスファルトの粘度の違いが劣化性状に及ぼす影響について無視してもよい。
- (5)加熱試験後の伸度と60℃粘度比に関連はなく、両試験は別個の試験として扱うのが適切である。

4. 混合物試験

4.1 試験の概要

土木研究所資料2398号で性状調査を行った試料について混合物試験を行い、その性状について検討した。

実施した試験は、

①ホイールトラッキング試験

②ビームコヒージョン試験

の2つである。各試験を実施した目的は次のとおりである。

①ホイールトラッキング試験

ホイールトラッキング試験は、アスファルト混合物の耐流動性を評価する試験である。特にアスファルトのコンシステンシー、すなわち針入度、軟化点、60℃粘度等の性状と耐流動性の関連を調べることにより、60℃粘度の規定が舗装用石油アスファルトの規格に必要なか否か判断することを目的とした。

②ビームコヒージョン試験

ビームコヒージョン試験の結果が、どのような性状を表わすのかという試験の意義については、必ずしも一定の評価はされていない。しかし、一般にはアスファルト混合物の粘着性、脆さを評価するものといわれている⁶⁾。土木研究所資料2398号では、低温の伸度、加熱試験後の伸度が試料によってばらつくことが報告されているため、特にこれら伸度のばらつきと混合物の粘着性、脆さがどの程度関連があるものか検討することを目的とした。

4.2 使用材料

4.2.1 アスファルト

試験対象としたアスファルトは第1章の表-1.1に示す計39試料である。

4.2.2 骨材

使用した骨材の一覧を表-4.1に、その性状を表-4.2に示す。

表-4.1 使用骨材の種類と産地

材料名	材 質	生 産 地	生産者
5号砕石	硬質砂岩	茨城県石岡市染谷	日本砕石(株)
6号砕石			
7号砕石			
粗 砂	川 砂	栃木県今市市塩ノ室	報徳石砕(株)
細 砂	川 砂	茨城県稲敷郡桜川村古渡	豊起業(株)
石 粉	石灰岩	埼玉県秩父郡横瀬村横瀬	菱光石灰(株)
asphalt	ストアス 60~80	神奈川県横浜市根岸	日本石油(株)

表-4.2 使用骨材の性状

項 目		材 料 名					
		5号砕石	6号砕石	7号砕石	粗 砂	細 砂	石 粉
比 重	見 掛	2.687	2.665	2.681	2.693	2.650	2.709
	表 乾	2.652	2.627	2.638	2.510	2.514	
	か さ	2.637	2.605	2.612	2.403	2.432	
吸 水 量 (%)		0.59	0.86	0.99	4.48	3.35	
粒 度 (通過重量 百分率%)	25 mm	100					
	20	97.6	100				
	13	22.9	97.0	100	100	100	
	5	0.4	8.0	92.2	99.2	99.9	
	2.5		5.0	10.3	88.8	99.7	
	0.6			1.4	39.4	94.4	
	0.3			1.2	21.7	65.5	100
	0.15				8.8	13.2	99.7
	0.074				4.2	2.4	95.4

4.3 混合物の配合

混合物試験に使用した粒度は、アスファルト舗装要綱に規定する密粒（20）、密粒ギャップ（13）の2種類である。これらの混合物については、アスファルト舗装要綱の規定に従って配合設計を行った。なお、粒度は中央粒度を目標とした。各混合物の粒度を表-4.3に示す。なお、配合設計（アスファルト量の決定）は、厳密には表-1.1に示す39種類のアスファルトすべてについて実施するべきであるが、ここでは、表-4.4に示す60～80を用いて配合設計を行い、各アスファルトの混合物の基準密度は式（4.1）により求めた。

$$\frac{\text{各アスファルト}}{\text{混合物の基準密度}} = \frac{d}{100} \left[(100 - W_a) + \frac{W_a \times \rho_a}{1.035} \right] \quad \dots (4.1)$$

ここで、d : 表-4.4に示すアスファルトを用いた混合物の基準密度 (g/cm³)

密粒（20）=2.333 (g/cm³)、密粒ギャップ（13）=2.376 (g/cm³)

W_a : アスファルトの配合率 (%)

ρ_a : 各アスファルトの比重

1.035 : 表-4.4に示すアスファルトの比重

表-4.3 合成粒度

混合物種類	ふるい目 (mm)								
	2.5	2.0	1.3	5	2.5	0.6	0.3	0.15	0.075
密粒 20	100	99.5	82.3	56.7	43.5	24.8	16.5	8.0	5.4
密粒G13	—	100	98.3	47.8	38.4	28.3	20.9	9.5	6.7

表-4.4 配合設計に用いたアスファルトの性状

項目		試験値	備考
針入度 (25℃)		77	
引火点 (℃)		356	
軟化点 (℃)		47.5	
伸度 (15℃) (cm)		100 (+)	
比重 (25/25℃)		1.035	
粘度 (cst)	120 ℃	834	最適混合温度 153℃ (150～156℃)
	140 ℃	297	
	160 ℃	132	最適締固め温度 140℃ (138～143℃)
	180 ℃	67	

表-4.5 各アスファルトに対する混合物の密度

試料番号	アスファルト の比重	(g/cm ³)			
		密粒 (20)		密粒ギャップ (13)	
		理論密度	基準密度	理論密度	基準密度
40~60 - 1	1.035	2.466	2.333	2.479	2.376
2	1.029	2.464	2.332	2.478	2.375
3	1.032	2.465	2.333	2.479	2.376
4	1.027	2.464	2.332	2.477	2.375
5	1.037	2.467	2.333	2.480	2.376
60~80 - 1	1.033	2.466	2.333	2.479	2.376
2	1.032	2.465	2.333	2.479	2.376
3	1.023	2.462	2.331	2.476	2.375
4	1.023	2.462	2.331	2.476	2.375
5	1.027	2.464	2.332	2.477	2.375
6	1.031	2.465	2.332	2.478	2.376
7	1.031	2.465	2.332	2.478	2.376
8	1.032	2.465	2.333	2.479	2.376
9	1.028	2.464	2.332	2.477	2.375
10	1.023	2.462	2.331	2.476	2.375
11	1.033	2.466	2.333	2.479	2.376
12	1.037	2.467	2.333	2.480	2.376
13	1.028	2.464	2.332	2.477	2.375
14	1.028	2.464	2.332	2.477	2.375
15	1.031	2.465	2.332	2.478	2.376
16	1.031	2.465	2.332	2.478	2.376
17	1.030	2.465	2.332	2.478	2.375
18	1.030	2.465	2.332	2.478	2.375
19	1.025	2.463	2.332	2.476	2.375
20	1.038	2.467	2.333	2.480	2.376
21	1.033	2.466	2.333	2.479	2.376
22	1.027	2.464	2.332	2.477	2.375
23	1.029	2.464	2.332	2.478	2.375
80~100- 1	1.029	2.464	2.332	2.478	2.375
2	1.029	2.464	2.332	2.478	2.375
3	1.031	2.465	2.332	2.478	2.376
4	1.023	2.462	2.331	2.476	2.375
5	1.021	2.462	2.331	2.475	2.374
6	1.029	2.464	2.332	2.478	2.375
7	1.027	2.464	2.332	2.477	2.375
8	1.027	2.464	2.332	2.477	2.375
9	1.024	2.463	2.332	2.476	2.375
10	1.025	2.463	2.332	2.476	2.375
11	1.024	2.463	2.332	2.476	2.375

計算された、各アスファルトに対する混合物の密度を表-4.5に示す。

混合物の作製における混合、締固めは各グレード別に表-4.6の温度で実施した。この温度は各アスファルトについて、温度-粘度関係から混合時の粘度 180 ± 20 cSt、締固め時の粘度 300 ± 20 cStとして各温度を求め、これをグレード別に平均したものである。混合物の作製にあたっては締固め度 $100 \pm 1\%$ を目標とし、事前に転圧回数のキャリブレーションを実施した。

表-4.6 各グレード別の混合、締固め温度

(℃)

グレード	混合温度	締固め温度
40～60	158	148
60～80	155	144
80～100	152	139

4.4 ホイールトラッキング試験

4.4.1 試験結果

ホイールトラッキング試験は土木研究所資料2401号に提案されている方法に従って実施した。なお、試験は1種類の混合物について2枚試験を行い、動的安定度（Dynamic Stability：DS）の変動係数が25%を超えた場合は追加試験を行った。試験結果をまとめたものを表-4.7に示す。なお、全試験結果は付表-5.6に示す。

表-4.7 各グレード別の動的安定度

粒 度	グレード	個数	動的安定度（回/mm）				変動係数 %
			平均値	最大値	最小値	σ_{n-1}	
密 粒 (20)	40~60	5	1602	2779	984	688	43.0
	60~80	2 3	878	1331	525	277	31.6
	80~100	1 1	774	1227	457	246	31.8
密粒 G (13)	40~60	5	629	859	508	134	21.3
	60~80	2 3	515	801	342	110	21.3
	80~100	1 1	352	431	263	58	16.5

4.4.2 アスファルト性状との関連

特に針入度、軟化点、60℃粘度等の性状を中心に、DSとの関連について検討を行った。各アスファルト性状とDSの相関について検討した結果をまとめたものを表-4.8に示す。

表-4.8 動的安定度とストレートアスファルト性状の相関式係数一覧

項 目		密 粒 度 ア ス コ ン (20)		密粒度ギャップアスコン (13)	
		相 関 式	相関係数	相 関 式	相関係数
針入度（25℃）		$y = -17.4x + 2185$	-0.531	$y = -7.36x + 1009$	-0.703
軟化点		$y = 147x - 6068$	0.640	$y = 53.2x - 2052$	0.725
60℃粘度		$y = 0.322x + 258$	0.660	$y = 0.114x + 243$	0.728
アスファルテン分		$y = 90.1x - 142$	0.439	$y = 29.4x + 130$	0.449
パラフィン分		$y = -75.9x + 1104$	-0.116	$y = -102x + 701$	-0.485
薄膜 加熱試験	針入度	$y = -34.2x + 2580$	0.564	$y = -12.1x + 1062$	0.624
	軟化点	$y = 163x - 7430$	0.682	$y = 51.7x - 2176$	0.678
	60℃粘度	$y = 0.174x + 187$	0.686	$y = 0.0578x + 232$	0.716
	アスファルテン分	$y = 80.0x - 145$	0.330	$y = 22.2x + 181$	0.287
回転式薄膜 加熱試験	針入度	$y = -31.6x + 2411$	-0.555	$y = -12.5x + 1064$	-0.688
	軟化点	$y = 124x - 5542$	0.675	$y = 45.7x - 1904$	0.779
	60℃粘度	$y = 0.125x + 332$	0.714	$y = 0.0394x + 291$	0.706

(1)針入度

1)加熱前

針入度とDSの関係を図-4.1に示す。密粒(20)の場合の相関が低いが、密粒ギャップでは相関が認められ、針入度が大きいほどDSが低下する傾向を示している。

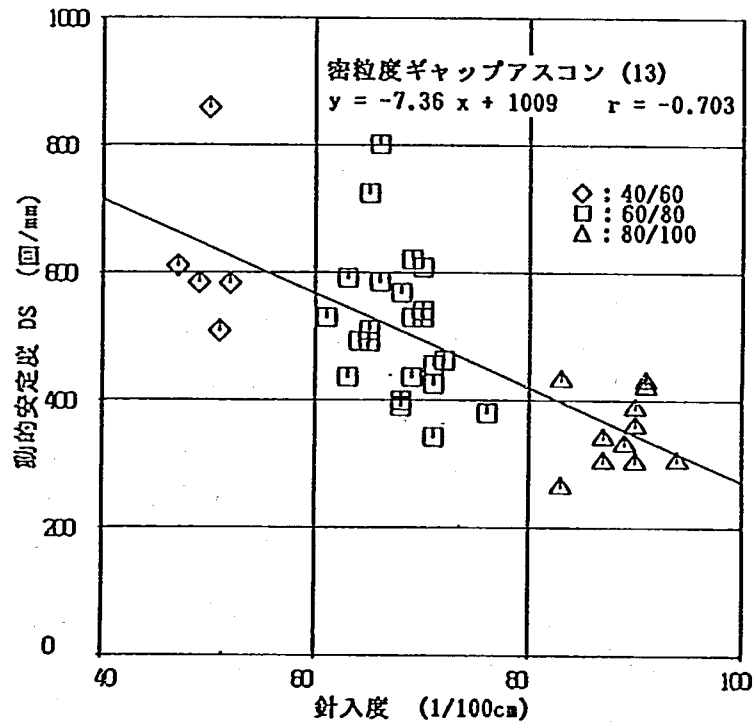
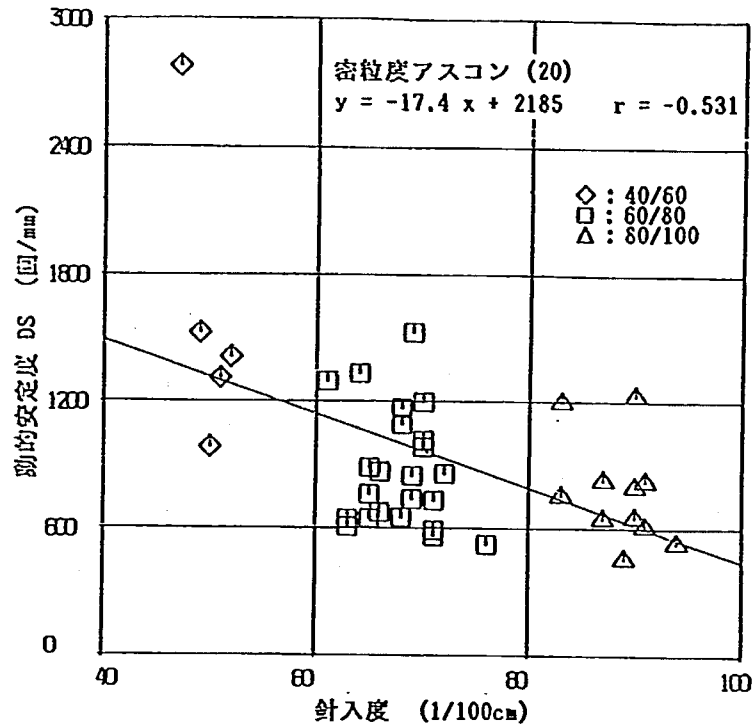


図-4.1 動的安定度と針入度 (25℃) の関係

2) 薄膜加熱試験後

薄膜加熱試験後の針入度とDSの関係を図-4.2に示す。薄膜加熱試験前の針入度と比較して特に相関が高いという傾向は認められない。

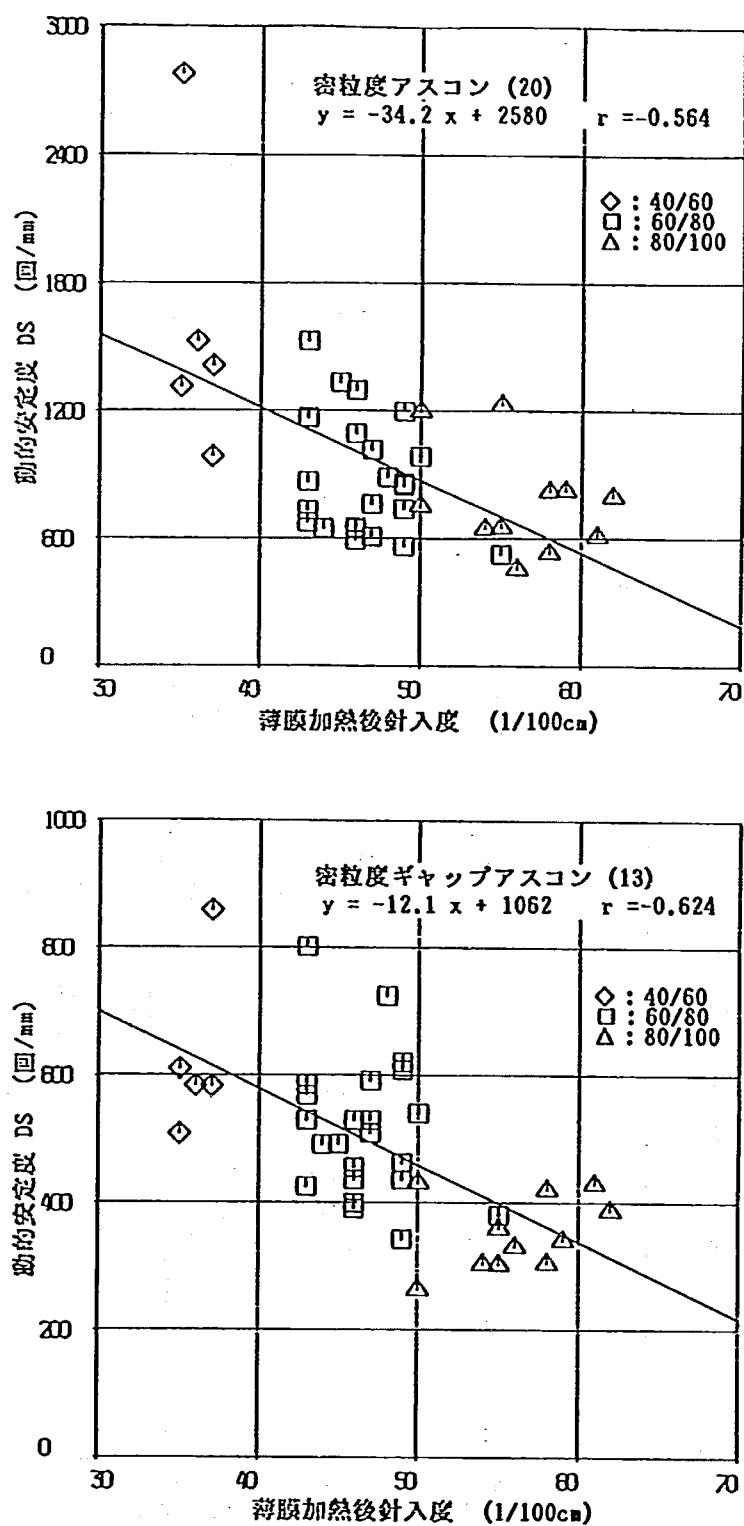


図-4.2 動的安定度と薄膜加熱試験後の針入度の関係

3) 回転式薄膜加熱試験後

回転式薄膜加熱試験後の針入度とDSの関係を図-4.3に示す。加熱前および薄膜加熱試験後の針入度と比較して特に相関が高いという傾向は認められない。

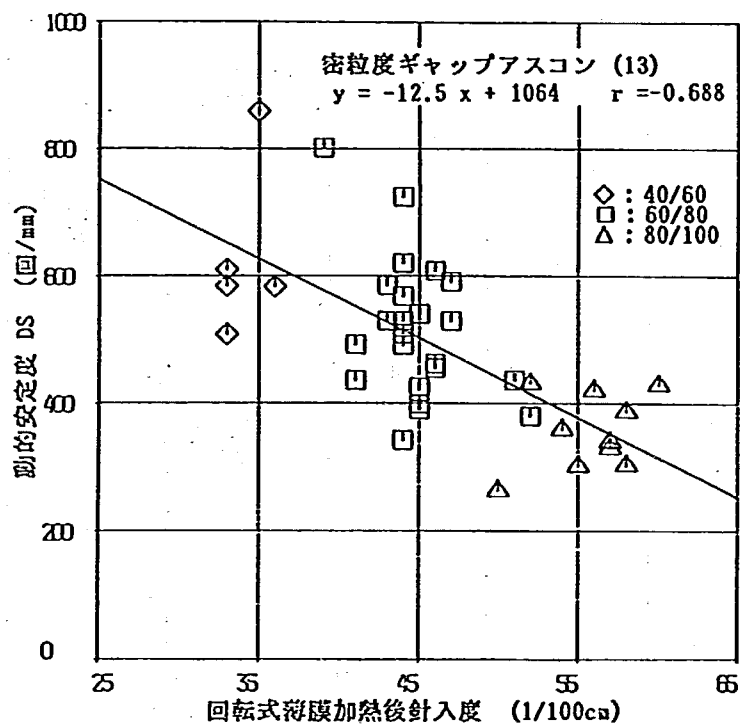
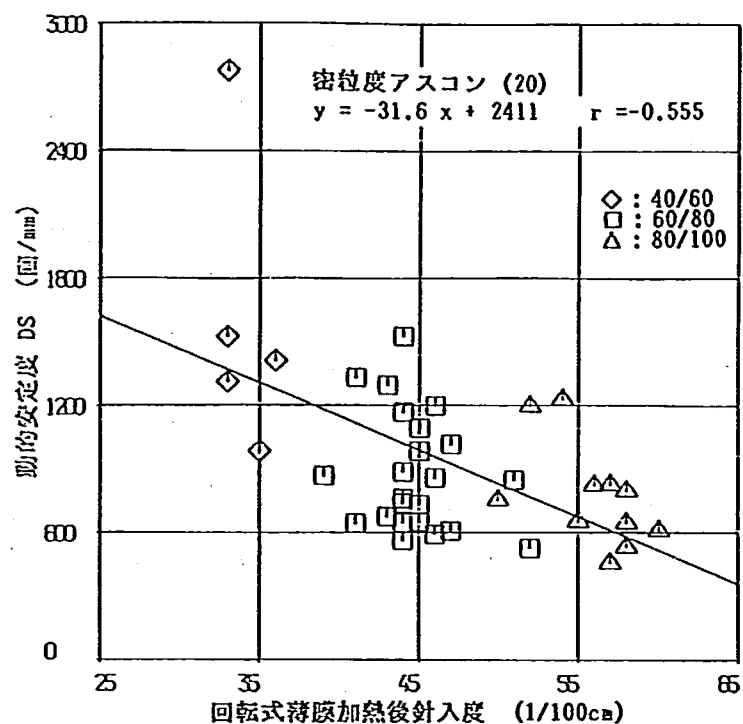


図-4.3 動的安定度と回転式薄膜加熱試験後の針入度の関係

(2) 軟化点

1) 加熱前

加熱前の軟化点とDSの関係を図-4.4に示す。比較的良好な相関が認められ、軟化点が高いほどDSが上昇する傾向を示している。軟化点とDSの相関は密粒(20)、密粒ギャップ(13)とも針入度の場合より相関が高いが、これは軟化点の温度(45~52.5℃)が、針入度の試験温度(25℃)に比較して、ホイールトラッキング試験の温度(60℃)に近いと考えられる。

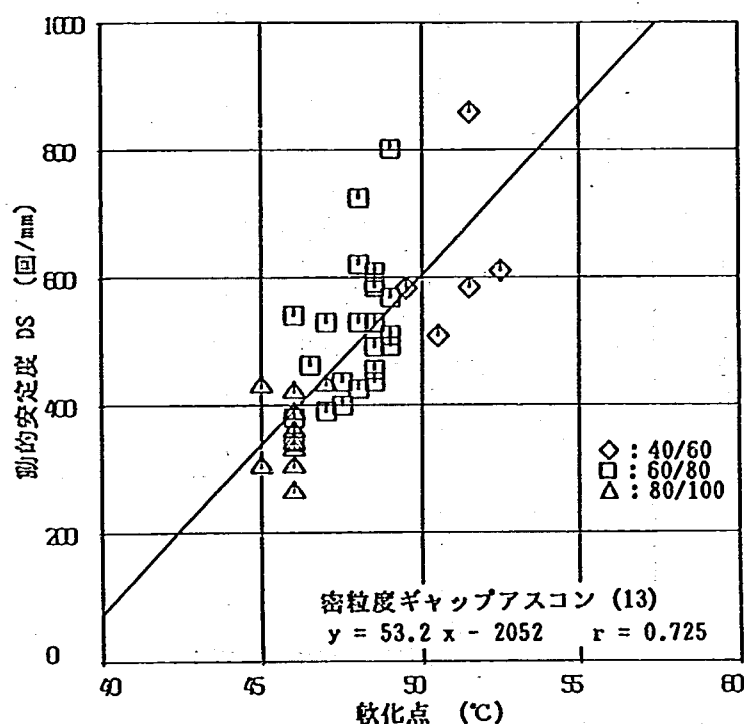
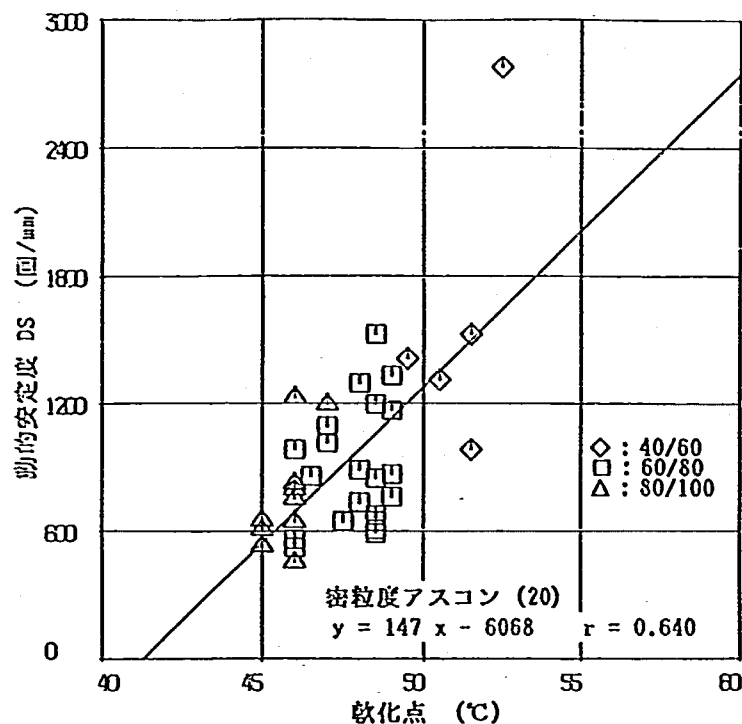


図-4.4 動的安定度と軟化点の関係

2) 薄膜加熱試験後

薄膜加熱試験後の軟化点とDSの関係を図-4.5に示す。針入度の場合と同様、薄膜加熱試験前の軟化点と比較して特に相関が高いという傾向は認められない。

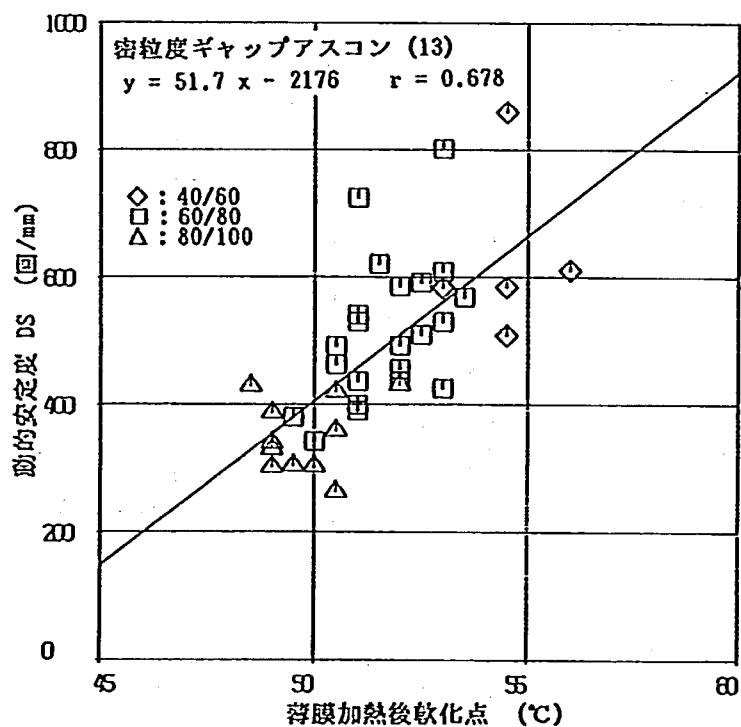
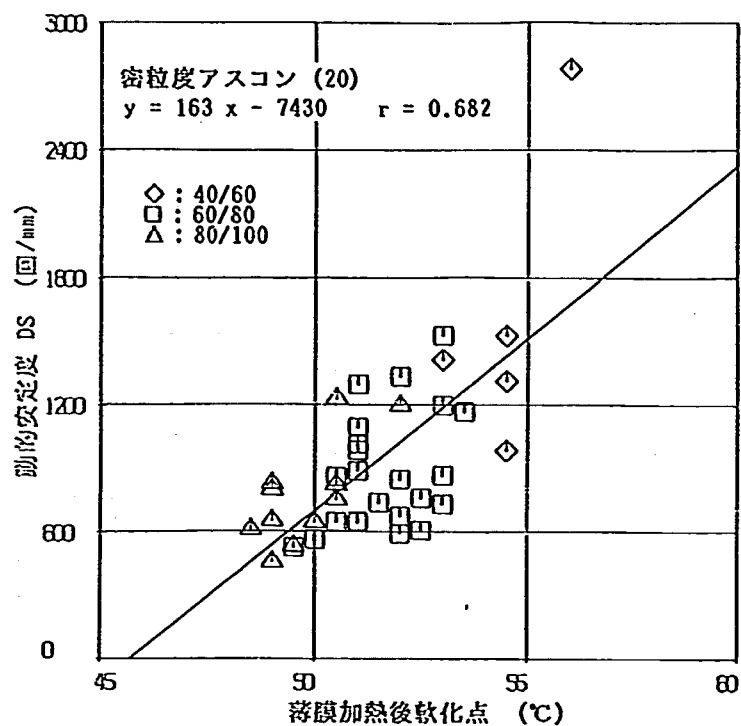


図-4.5 動的安定度と薄膜加熱試験後の軟化点の関係

3) 回転式薄膜加熱試験後

回転式薄膜加熱試験後の軟化点とDSの関係を図-4.6に示す。加熱前および薄膜加熱試験後の軟化点と比較すると、やや相関が高い傾向となっている。

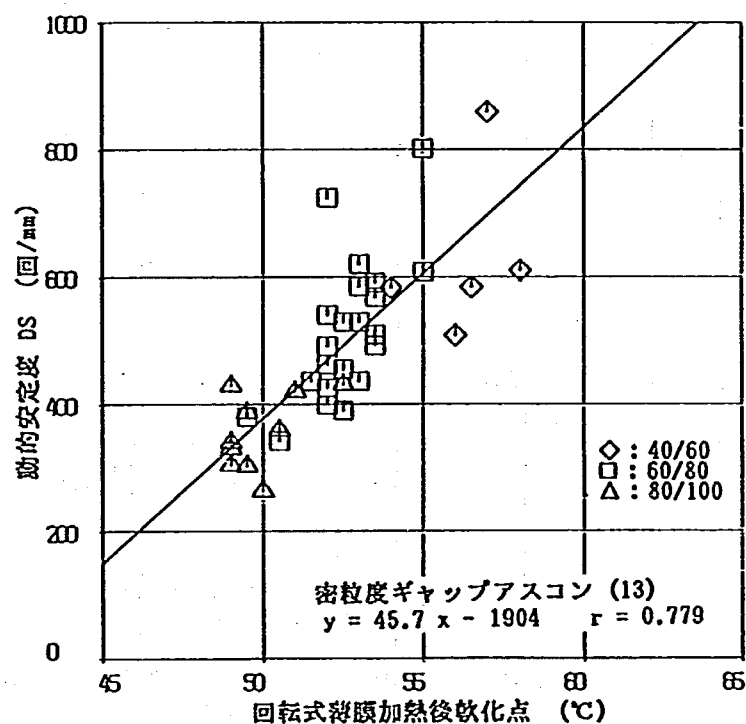
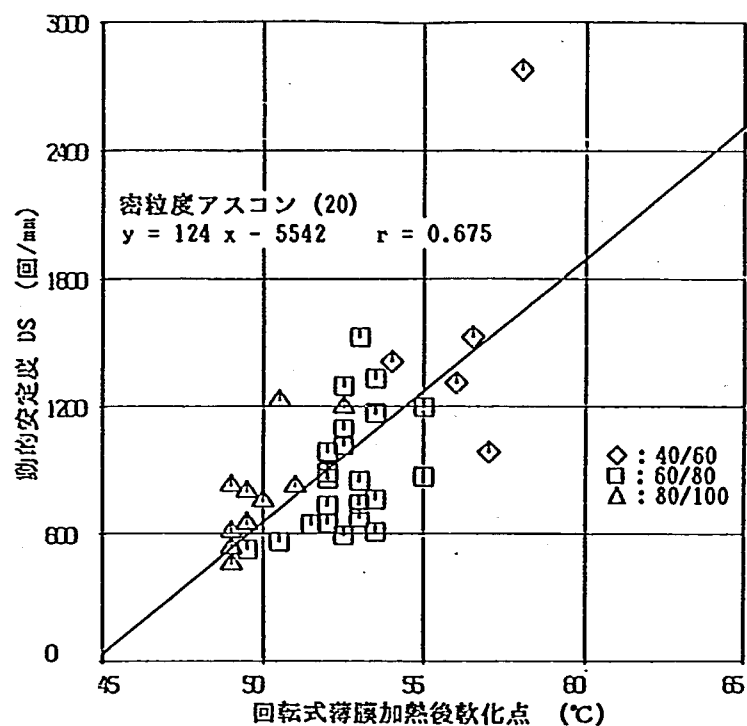


図-4.6 動的安定度と回転式薄膜加熱試験後の軟化点の関係

(3)60℃粘度

1)加熱前

60℃粘度とDSの関係を図-4.7に示す。40~60のグレードにおいてばらつきがあるものの、軟化点とほぼ同程度の相関を示している。

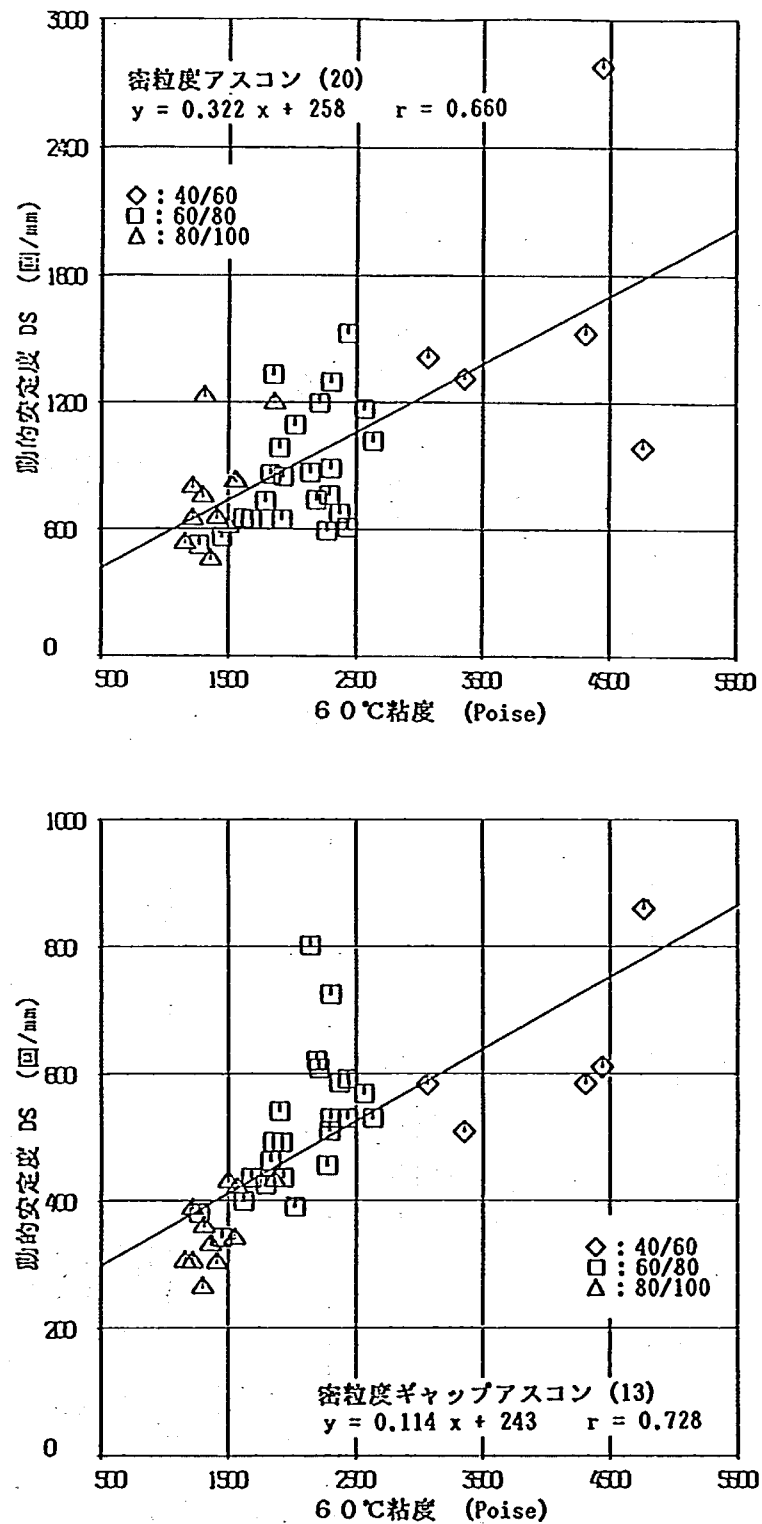


図-4.7 動的安定度と60℃粘度の関係

2) 薄膜加熱試験後

薄膜加熱試験後の60℃粘度とDSの関係を図-4.8に示す。針入度および軟化点の場合と同様、薄膜加熱試験前の60℃粘度と比較して特に相関が高いという傾向は認められない。

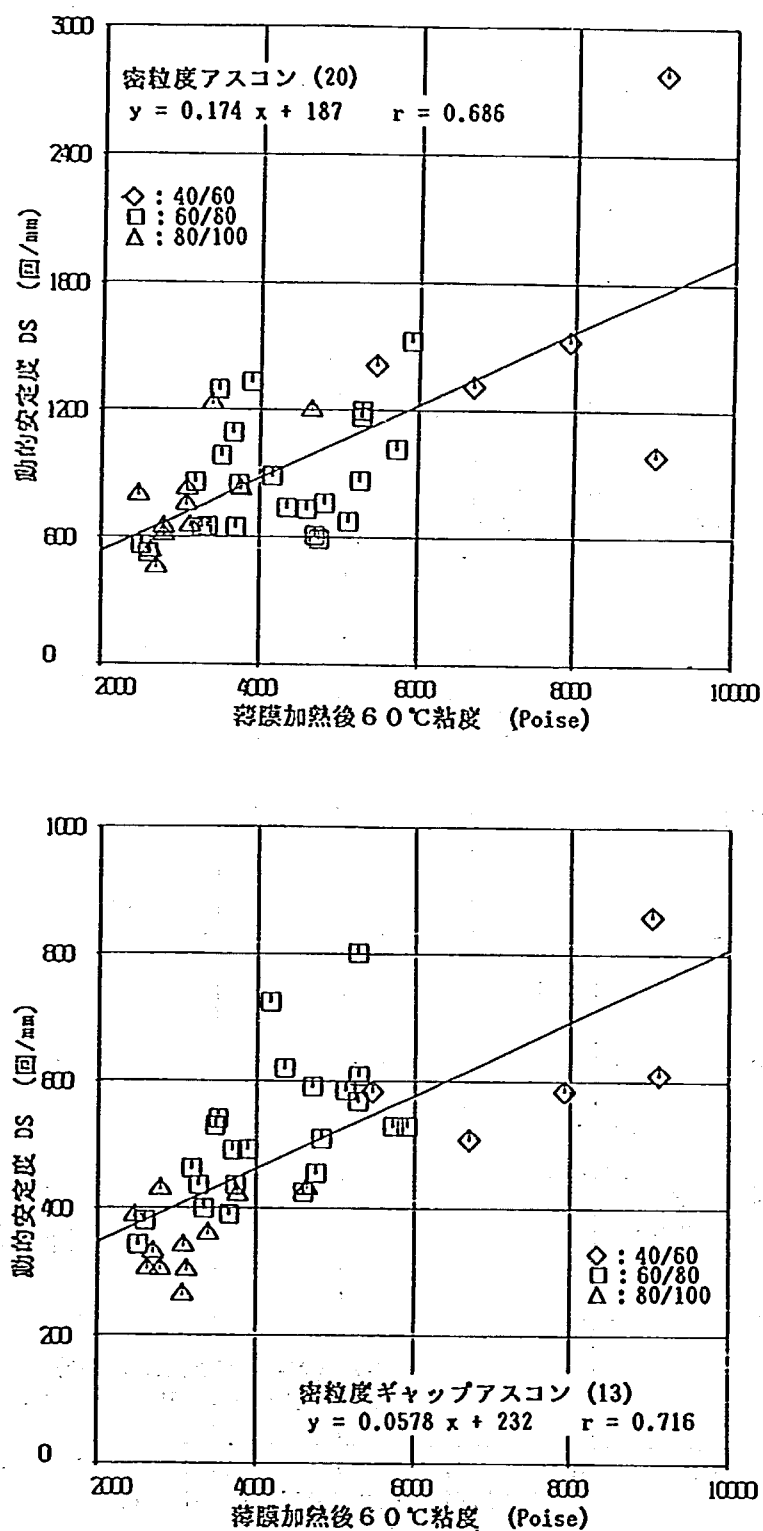


図-4.8 動的安定度と薄膜加熱試験後の60℃粘度の関係

3)回転式薄膜加熱試験後

回転式薄膜加熱試験後の60℃粘度とDSの関係を図-4.9に示す。針入度および軟化点の場合と同様、加熱前および薄膜加熱試験後の60℃粘度と比較して特に相関が高いという傾向は認められない。

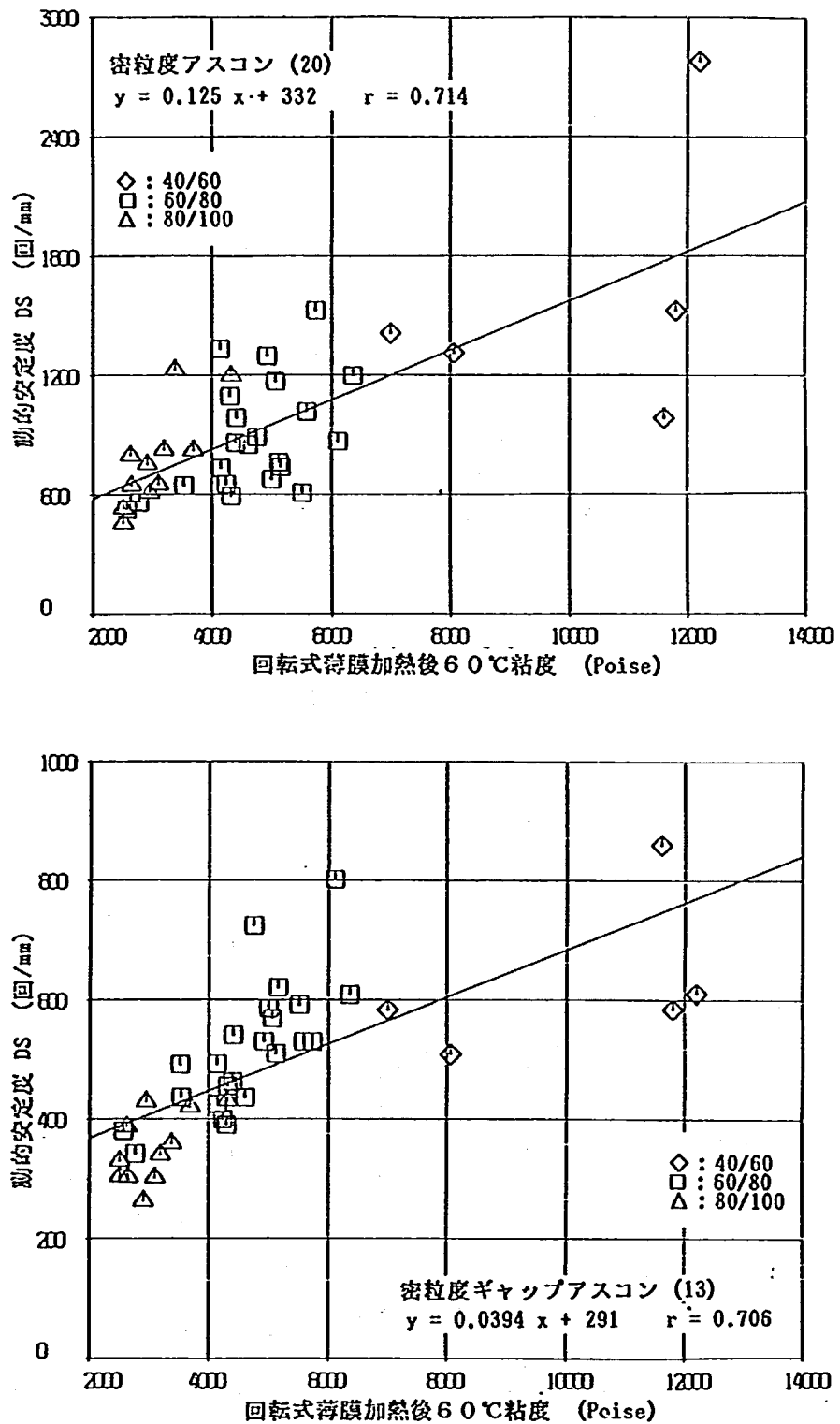


図-4.9 動的安定度と回転式薄膜加熱試験後の60℃粘度の関係

(4) アスファルテン分

1) 加熱前

一般にアスファルテン分の多いアスファルトは粘度が高くなるため、耐流動性が高くなると考えられる。しかし、アスファルテン分とDSの間に特に関係は認められず（図-4.10）、アスファルトの組成によってアスファルトの耐流動性を議論することは難しいと考えられる。

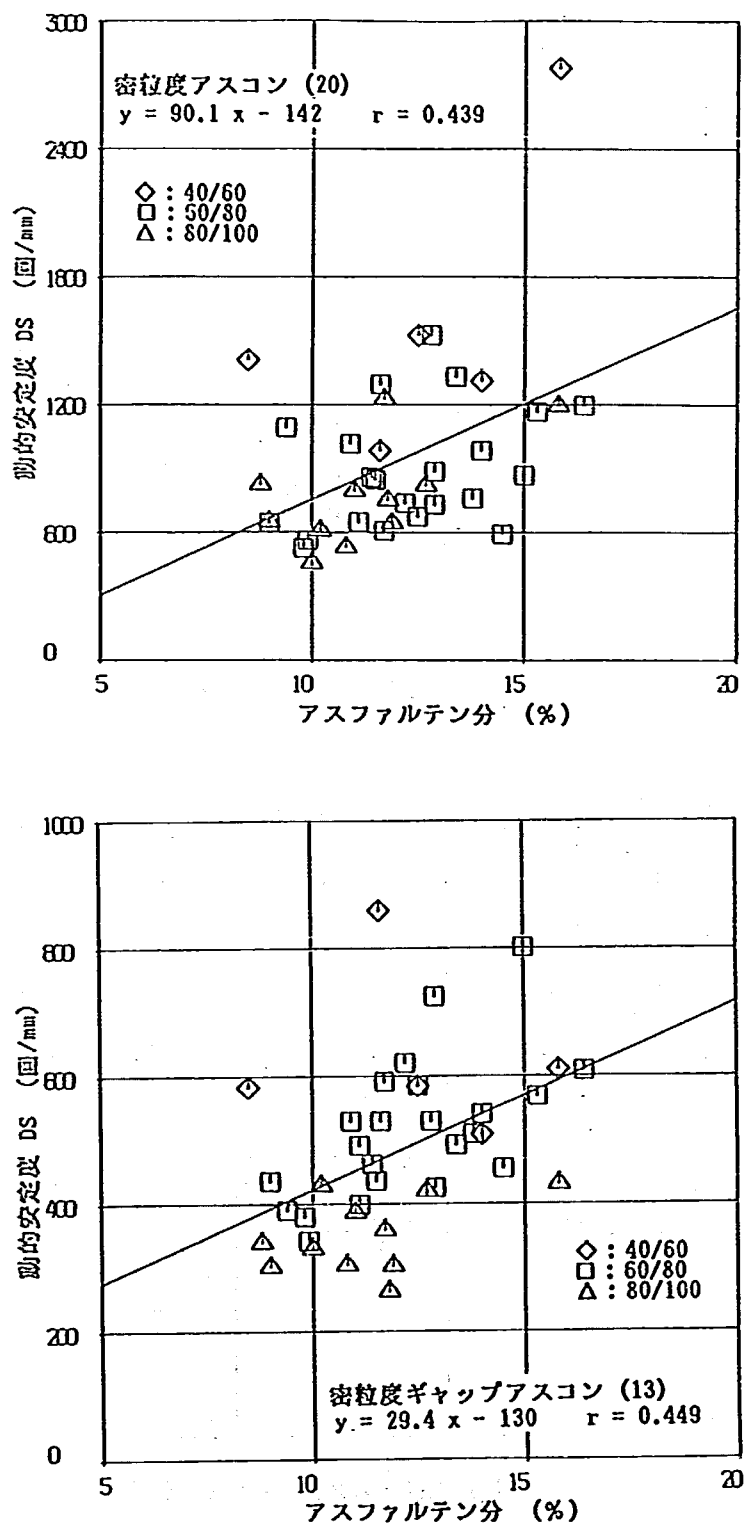


図-4.10 動的安定度とアスファルテン分の関係

2) 薄膜加熱試験後

薄膜加熱試験後のアスファルテン分とDSの間にも特に関係は認められず (図-4.11)、やはりアスファルトの組成によってアスファルトの耐流動性を議論することは難しいと考えられる。

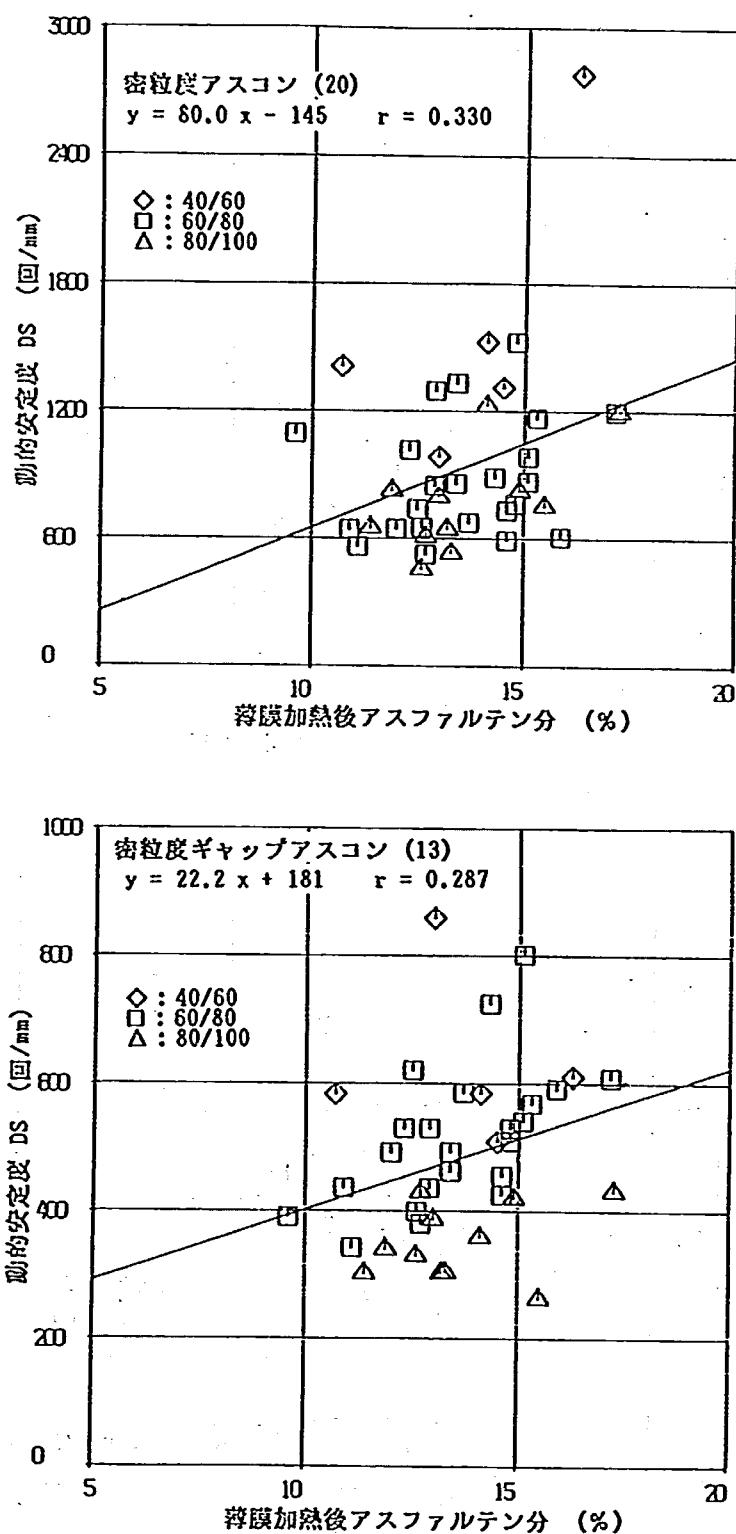


図-4.11 動的安定度と薄膜加熱試験後のアスファルテン分の関係

(5)パラフィン分

一般にパラフィンは融点が低いため、パラフィン分の多いアスファルトは高温で粘度が低下し、耐流動性に劣る可能性がある⁷⁾。しかし、パラフィン分とDSの間に特に関係は認められない(図-4.12)。アスファルト中のパラフィン分の多少は、原料である原油の種類によるところが大きいが、現在日本でアスファルト精製に用いられている原油のほとんどは中東産であり(表-4.9⁸⁾)、試料ごとのパラフィン分の含有量に大きな違いはない。このことを考慮すると、現在日本で生産されているアスファルトについては、パラフィン分含有量が舗装の耐流動性に影響を及ぼすことはないと考えてよい。

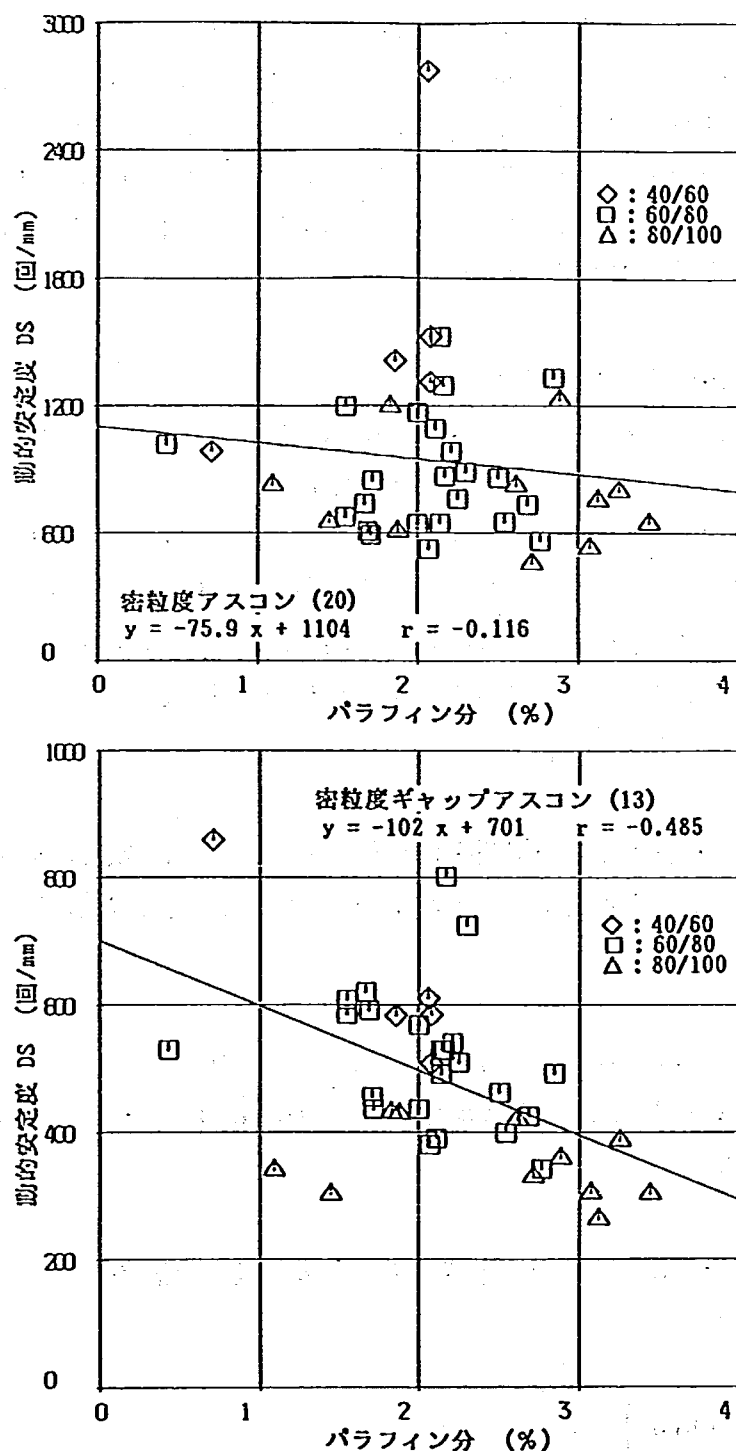


図-4.12 動的安定度とパラフィン分の関係

表-4.9 主なアスファルト製造用原油の輸入状況

(単位：10000kℓ：%)

年度	原油名	アラビアン ヘビー		イラニアン ヘビー		カフジ		クウェート		小 計	
	項 目	数 量	比	数 量	比	数 量	比	数 量	比	数 量	比
4 5		2621	1.3	60957	31.3	13234	6.8	10928	5.6	87740	45.1
5 0		1476	0.6	33755	14.1	8684	3.6	21835	9.2	65750	27.5
5 5		16250	6.5	2865	1.2	8449	3.4	8840	3.6	36404	14.7
5 6		17571	7.6	7329	3.2	5707	2.5	7451	3.2	38058	16.5
5 7		14888	7.2	8849	4.3	8126	3.9	1865	0.9	33728	16.3
5 8		15701	7.1	13057	6.1	11378	5.3	3498	1.6	43004	20.1

注)比は全原油輸入量に対する百分率

4.4.3 60℃粘度の規格への適用性の検討

アメリカ合衆国では、アスファルトのグレード分類、コンシステンシー評価を主として60℃粘度により行っている。一方、日本では、60℃粘度はゴム入りアスファルト、セミブローンアスファルト等の改質アスファルトの規格で規定しているが、ストレートアスファルト（JIS K 2207 舗装用石油アスファルト）では規定されていない。そこで、舗装用石油アスファルトの規格に60℃粘度を規定することの妥当性について検討を行った。ここでは、(1)各性状と動的安定度の相関係数に有意差があるか否かの検定、(2)各針入度グレードにおいて、各アスファルト性状により表わすことのできる動的安定度のばらつき、の2つの方法で検討を行った。

(1)相関係数の差の検定

各アスファルト性状と動的安定度の相関係数の絶対値を考え、この絶対値相互について差があるか検定を行った⁹⁾。しかし、最も絶対値の差が大きい値同士でも、有意な差は認められなかった。

(参考)

1)密粒 (20) の場合

① |相関係数| の最小値…加熱前の針入度； $|r_1| = 0.531$ ② |相関係数| の最大値…回転式薄膜加熱試験後の60℃粘度； $|r_2| = 0.714$ ・データ数 $n = 39$ ①の |母相関係数| を ρ_1 、②の |母相関係数| を ρ_2 とし、仮説を $\rho_1 = \rho_2$ とする。

このとき、

$$z = 1.1513 \cdot \log_e \frac{1+|r|}{1-|r|}$$

と変換し、

$$t = \frac{z_1 - z_2 - (\rho_1 - \rho_2)}{\sqrt{\frac{1}{39-3} + \frac{1}{39-3}}}$$

とすれば、 t は正規分布 $N(0, 1^2)$ に従う。

ここで、

$|r_1| = 0.531$ に対して $z_1 = 0.5915$

$|r_2| = 0.714$ に対して $z_2 = 0.8953$

すると、

$$t = \frac{z_1 - z_2 - (\rho_1 - \rho_2)}{\sqrt{\frac{1}{39-3} + \frac{1}{39-3}}} = \frac{0.5915 - 0.8953 - 0}{\sqrt{\frac{1}{36} + \frac{1}{36}}} = -1.289$$

有意水準 $\alpha = 0.05$ とすると、棄却域は $|t| \geq 1.96$

いま、

$$|t| = 1.289 \leq 1.96$$

なので $\rho_1 = \rho_2$ は棄却できない。したがって回転式薄膜加熱後の60℃粘度と動的安定度の相関は、加熱前の針入度と動的安定度の相関と比較して優れているとは断定できない。なお、表-4.10に各アスファルト性状に対する $|r|$ と z の値を示す。

表-4.10 $|r|$ と対応する z の値

アスファルト の性状		密粒(20)		密粒G(13)	
		$ r $	z	$ r $	z
原 ア ス	針入度	0.531	0.5915	0.703	0.8732
	軟化点	0.640	0.7582	0.725	0.9181
	60℃粘度	0.660	0.7928	0.728	0.9245
薄 膜 加 熱	針入度	0.564	0.6387	0.624	0.7315
	軟化点	0.682	0.8328	0.678	0.8254
	60℃粘度	0.686	0.8404	0.716	0.8994
回 転 薄 式 膜	針入度	0.555	0.6256	0.688	0.8442
	軟化点	0.675	0.8199	0.779	1.0428
	60℃粘度	0.714	0.8953	0.706	0.8792

2)密粒ギャップ (13) の場合

① | 相関係数 | の最小値…薄膜加熱後の軟化点 $|r_1| = 0.624$

② | 相関係数 | の最大値…回転式薄膜加熱試験後の軟化点 $|r_2| = 0.779$

このとき、

$$t = 1.321 \leq 1.96$$

したがって回転式薄膜加熱試験後の軟化点と動的安定度の相関が、薄膜加熱後の軟化点と動的安定度の相関に比較して優れているとはいえない。

すべての場合について有意な差が認められないことから、耐流動性を考慮する場合の針入度、軟化点に比較した60℃粘度の優位性、加熱前の性状に比較した薄膜試験後および回転式薄膜加熱試験後の性状の優位性は認められない。なお、参考のため、表-4.11、4.12にすべての場合について計算した t の値を示す。

表-4.11 t の値 (密粒(20))

アスファルト の性状		原アスファルト			薄膜加熱後			回転式薄膜加熱後		
		針入度	軟化点	60℃粘度	針入度	軟化点	60℃粘度	針入度	軟化点	60℃粘度
原 ア ス	針入度		0.707	0.854	0.200	1.024	1.056	0.145	0.969	1.289
	軟化点			0.170	-0.507	0.317	0.349	-0.563	0.262	0.582
	60℃粘度				-0.654	0.170	0.202	-0.709	0.115	0.435
薄 膜 加 熱	針入度					0.823	0.856	-0.056	0.769	1.089
	軟化点						0.032	-0.879	-0.054	0.265
	60℃粘度							-0.911	-0.087	0.233
回 転 薄 式 膜	針入度								0.824	1.144
	軟化点									0.320
	60℃粘度									

表-4.12 t の値 (密粒ギャップ(13))

アスファルト の性状		原アスファルト			薄膜加熱後			回転式薄膜加熱後		
		針入度	軟化点	60℃粘度	針入度	軟化点	60℃粘度	針入度	軟化点	60℃粘度
原 ア ス	針入度		-0.226	-0.259	0.715	0.241	-0.132	0.146	-0.855	-0.030
	軟化点			-0.032	0.941	0.467	0.094	0.373	-0.629	0.196
	60℃粘度				0.973	0.499	0.126	0.405	-0.596	0.228
薄 膜 加 熱	針入度					-0.473	-0.847	-0.568	-1.569	-0.744
	軟化点						-0.373	-0.095	-1.096	-0.271
	60℃粘度							0.278	-0.723	0.102
回 転 薄 式 膜	針入度								-1.001	-0.176
	軟化点									0.825
	60℃粘度									

(2) 動的安定度の推定範囲からの検討

以下に示す手法で検討を行った。

- ① 40～60、60～80、80～100の各グレード内での針入度、軟化点、60℃粘度の最大値、最小値を求める。
- ② 各最大値、最小値を、アスファルト性状をx軸、動的安定度をy軸にとった関係図上にプロットし、対応する動的安定度の最大値(DSmax)、最小値(DSmin)を求める(図-4.13参照)。

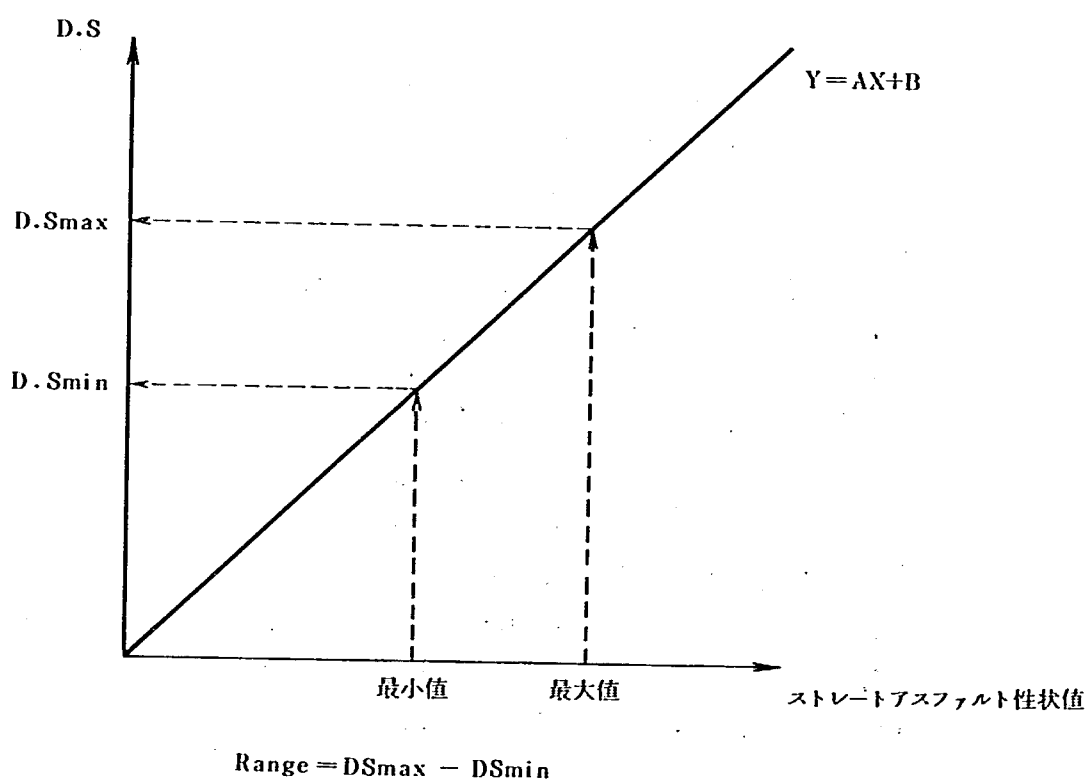


図-4.13 動的安定度のRangeの求め方

③ 動的安定度のばらつきを

$$\text{Range} = \text{DSmax} - \text{DSmin}$$

とし、各アスファルト性状に対するRangeの値を比較する。

ここで、Rangeが大きいということは、針入度による分類では同じ種類と考えられているアスファルトであっても、そのアスファルト性状を用いた場合、より動的安定度の違いを表現できることになると思われる。

同一グレード内における針入度、軟化点、60℃粘度の最大値、最小値を表-4.13に、対応するRangeを表-4.14に示す。

表-4.13 各性状値の最大値、最小値

項 目		グレード	最大値	最小値
原 ア ス	針入度(1/10mm)	40~60	52	47
		60~80	76	61
		80~100	94	83
	軟化点(℃)	40~60	52.5	49.5
		60~80	49.0	46.0
		80~100	47.0	45.0
	60℃粘度(poise)	40~60	4760	3060
		60~80	2630	1360
		80~100	1860	1160
薄 膜 加 熱 後	針入度(1/10mm)	40~60	37	35
		60~80	55	43
		80~100	62	50
	軟化点(℃)	40~60	56.0	53.0
		60~80	53.5	49.5
		80~100	52.0	48.5
	60℃粘度(poise)	40~60	9120	5460
		60~80	5900	2500
		80~100	4650	2110
回 転 式 薄 膜 加 熱 後	針入度(1/10mm)	40~60	36	33
		60~80	52	39
		80~100	60	50
	軟化点(℃)	40~60	58.0	54.0
		60~80	55.0	49.5
		80~100	52.5	49.0
	60℃粘度(poise)	40~60	12200	6920
		60~80	6350	2570
		80~100	4320	2510

表-4.14 各性状のRange 値

単位：回/mm

項 目		試 料	密粒度アスコン(20)			密粒度Gアスコン(13)		
			DS max	DS min	Range	DS max	DS min	Range
原 ア ス	針入度	40/60	1367	1280	87	663	626	37
		60/80	1124	863	261	560	450	110
		80/100	741	549	192	398	317	81
	軟化点	40/60	1650	1209	441	741	581	160
		60/80	1135	694	441	555	395	160
		80/100	841	547	294	448	342	106
	60℃粘度	40/60	1791	1243	548	786	592	194
		60/80	1105	696	409	543	398	145
		80/100	857	632	225	455	375	80
薄膜 加熱試験	針入度	40/60	1383	1315	68	639	614	25
		60/80	1109	699	410	542	397	145
		80/100	870	460	410	457	312	145
	軟化点	40/60	1698	1209	489	719	564	155
		60/80	1291	639	652	590	383	207
		80/100	1046	476	570	512	331	181
	60℃粘度	40/60	1774	1137	637	759	548	211
		60/80	1214	622	592	573	377	196
		80/100	996	554	442	501	354	147
回転式薄膜 加熱試験	針入度	40/60	1368	1273	95	652	614	38
		60/80	1179	768	411	577	414	163
		80/100	831	515	316	439	314	125
	軟化点	40/60	1650	1154	496	747	564	183
		60/80	1278	596	682	610	358	252
		80/100	968	534	434	495	335	160
	60℃粘度	40/60	1857	1197	660	772	564	208
		60/80	1126	653	473	541	392	149
		80/100	872	646	226	461	390	71

1) 針入度、軟化点、60℃粘度の比較

針入度、軟化点、60℃粘度のRangeの比較を図-4.14、4.15に示す。軟化点、60℃粘度のRangeは全般に針入度のそれより大きく、軟化点、60℃粘度によりアスファルト性状を評価することにより、針入度に比較して混合物の耐流動性の差を表現できると考えられる。しかし、セミブローンアスファルト等で確認されている、軟化点に対する60℃粘度の優位性¹⁾は認められず、軟化点の代わりに60℃粘度を規定する必要があるとは断定できない。

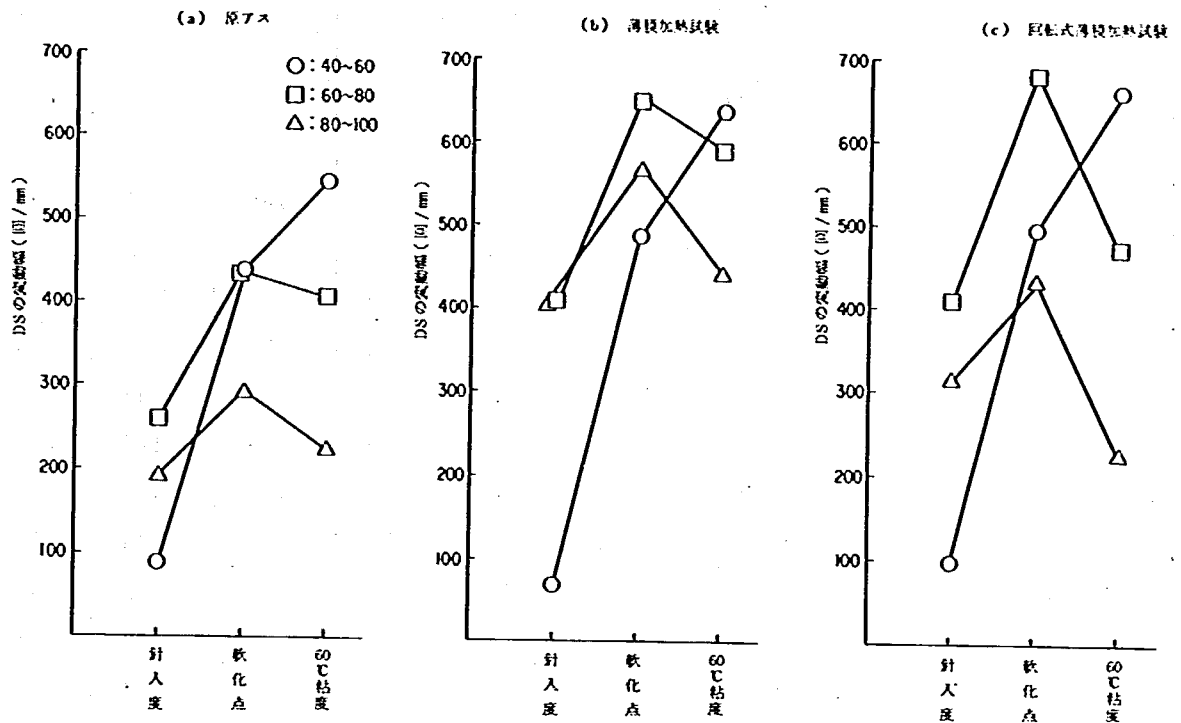


図-4.14 各アスファルト性状に対する動的安定度のRange (密粒(20))

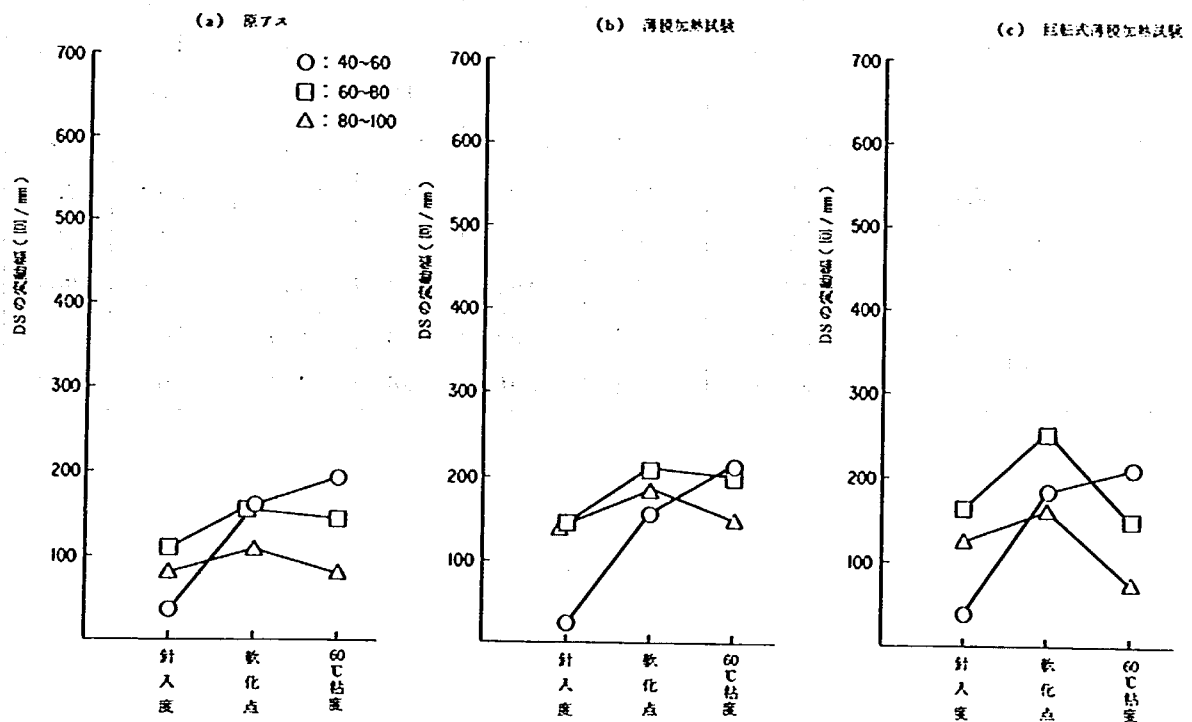


図-4.15 各アスファルト性状に対する動的安定度のRange (密粒ギャップ(13))

2)加熱前の性状と加熱後の性状の比較

加熱前、薄膜加熱試験後、回転式薄膜加熱試験後の各性状のRange を比較したものを図-4.16、4.17に示す。これらによると、薄膜加熱後の性状は、加熱前の性状に比較して若干、動的安定度のばらつきを表現するようである。しかし、薄膜加熱試験に対する回転式薄膜加熱試験の優位性は認められない。

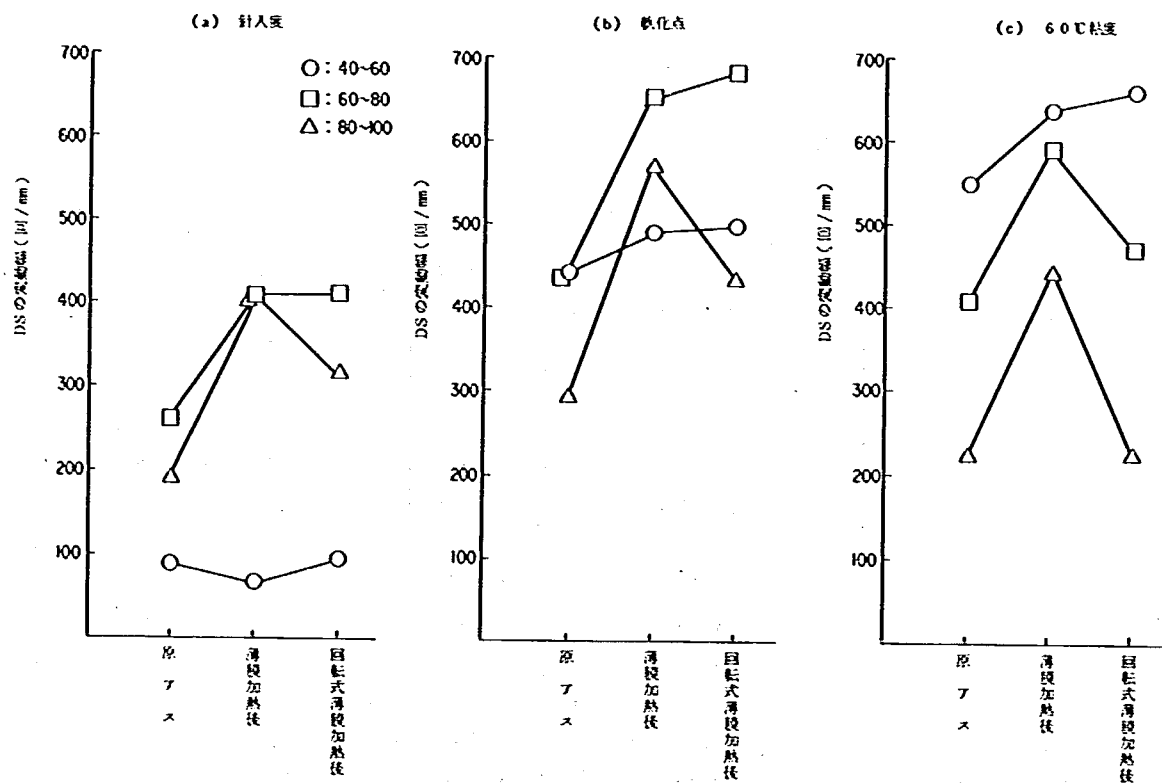


図-4.16 各アスファルト性状に対する動的安定度のRange (密粒(20))

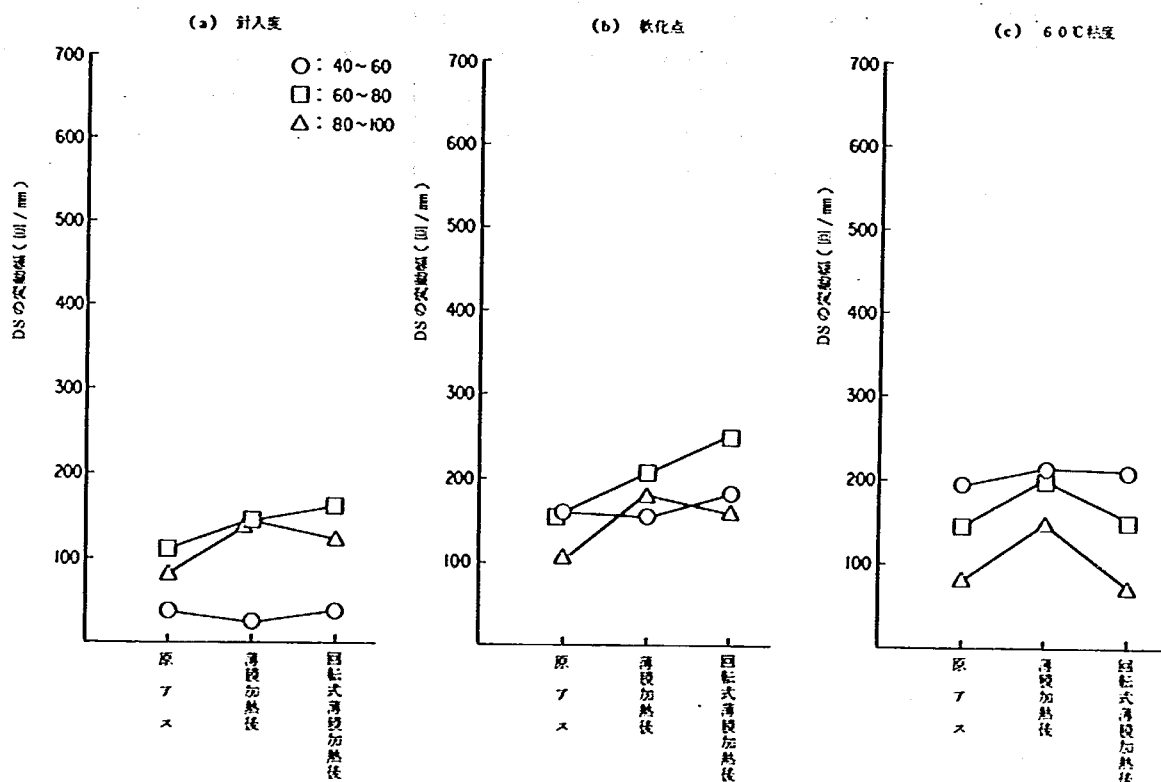


図-4.17 各アスファルト性状に対する動的安定度のRange (密粒ギャップ(13))

4.5 ビームコヒージョン試験

ビームコヒージョン試験はASTM D 1561に従い、1種類の混合物について3個試験を実施した。試験結果は付表-7、8として添付する。各アスファルト性状とこう着度の相関について解析した結果をまとめたものを表-4.15に示す。いずれのアスファルト性状についても相関係数は低い、これはこう着度のばらつきが大きいためであり、したがってビームコヒージョン試験により、アスファルト混合物の粘着性を評価することが適切ではないと判断される。

表-4.15 こう着度とストレートアスファルト性状の相関式係数一覧

項 目		密 粒 度 ア ス コ ン (20)		密粒度ギャップアスコン (13)	
		相 関 式	相関係数	相 関 式	相関係数
針入度 (25℃)		$y = -0.294x + 253$	-0.0820	$y = -2.07x + 506$	-0.489
軟化点		$y = 5.07x - 10.2$	0.202	$y = 14.6x - 340$	0.493
60℃粘度		$y = 0.0137x + 203$	0.256	$y = 0.0273x + 300$	0.432
伸度 (10℃)		$y = -0.124x + 240$	-0.127	$y = -0.581x + 395$	-0.502
伸度 (7℃)		$y = -1.80x + 252$	-0.213	$y = 2.36x + 291$	0.252
引火点		$y = 0.0741x + 206$	0.0256	$y = -0.864x + 654$	-0.253
アスファルテン分		$y = 0.702x + 223$	0.0313	$y = 11.9x + 215$	0.448
飽和分		$y = -0.949x + 246$	-0.0316	$y = -7.10x + 465$	-0.200
芳香族分		$y = 2.75x + 95.4$	0.175	$y = -3.76x + 545$	-0.203
パラフィン分		$y = -4.79x + 242$	0.0666	$y = -20.8x + 403$	-0.245
薄膜 加熱試験	針入度	$y = -1.21x + 290$	-0.182	$y = -3.12x + 508$	-0.398
	軟化点	$y = 4.09x + 21.1$	0.157	$y = 16.7x - 502$	0.542
	60℃粘度	$y = 0.00795x + 197$	0.287	$y = 0.0136x + 299$	0.415
	伸度 (15℃)	$y = -0.123x + 241$	-0.125	$y = -0.503x + 398$	-0.431
	アスファルテン分	$y = 0.790x + 221$	0.0298	$y = 8.95x + 237$	0.286
回転式薄膜 加熱試験	針入度	$y = -1.11x + 283$	-0.178	$y = -3.17x + 506$	-0.432
	軟化点	$y = 3.19x + 64.8$	0.159	$y = 13.6x - 354$	0.574
	60℃粘度	$y = 0.00507x + 207$	0.265	$y = 0.00932x + 313$	0.413
	伸度 (15℃)	$y = -0.238x + 247$	-0.225	$y = -0.623x + 399$	-0.499

4.6 まとめ

混合物試験の結果をまとめると次のようである。

- ①アスファルトの組成、パラフィン分などによりアスファルトの耐流動性を評価することは困難である。
- ②耐流動性を判断する指標として考えた場合、針入度、軟化点に対する60℃粘度の優位性は認められない。したがって舗装用ストレートアスファルトの規格に、従来の規定に代えて60℃粘度の規定が必要とは断定できない。
- ③耐流動性を判断する指標として考えた場合、薄膜加熱試験に対する回転式薄膜加熱試験の優位性は認められない。したがって、舗装用ストレートアスファルトの規格に、薄膜加熱試験に代えて回転式薄膜加熱試験を規定する必要はない。
- ④ビームコヒージョン試験により、アスファルト混合物の粘着性を評価することは難しい。

ただし、上記の結果は舗装用ストレートアスファルトに限った結論である。現在、各種の改質アスファルトでは、60℃粘度によりそのコンシステンシーが規定されている。したがって、ストレートアスファルト、改質アスファルトを一体とした品質規格を考える場合には、60℃粘度をストレートアスファルトに規定することも考えられよう。

5. 結論

舗装用ストレートアスファルトの性状の解析および混合物試験の結果、明らかになったことをまとめると以下のとおりである。

(1) 試験方法の改善に関する提案

- 1) 伸度試験における試験精度の提案を行った。
- 2) 舗装用石油アスファルトの高温粘度の測定温度を120、150、180に変更することを提案した。
- 3) 高温粘度試験における試験精度、および浴槽の温度管理誤差の見直しを提案した。

なお、これらの結果は、昭和63年度、(財)日本道路協会より発行された、アスファルト舗装要綱（63年版）および舗装試験法便覧の作成に際して舗装研究室より提言を行っている。

(2) アスファルト性状の解析

- 1) 低温伸度は個々のアスファルトの性状の違いが大きく表れる試験であるが、他の性状で低温伸度と関連のあるものはない。
- 2) 薄膜加熱質量変化率試験と引火点試験の関連は薄く、引火点試験を廃止することは適切ではない。
- 3) 蒸発後の針入度比試験における、1カップ3点の測定値のばらつきと他の性状の間に関連は認められない。
- 4) 舗装用石油アスファルト40～60、60～80、80～100においては、薄膜加熱試験時のアスファルトの粘度の違いが劣化性状に及ぼす影響について無視してもよい。
- 5) 加熱試験後の伸度と60℃粘度比に関連はなく、両試験は別個の試験として扱うのが適切である。

(3) 混合物試験

- 1) ホイールトラッキング試験結果をとおして、耐流動性に関する次の判断を行った。
 - ① アスファルトの組成、パラフィン分によりアスファルトの耐流動性を判断することは困難である。
 - ② 舗装用石油アスファルトにおいては、針入度、軟化点に対する60℃粘度の格段の優位性は認められないため、舗装用石油アスファルト規格に60℃粘度を規定する必要性はない。
 - ③ 薄膜加熱試験に対する、回転式薄膜加熱試験の優位性は認められないため、舗装用石油アスファルト規格に回転式薄膜加熱試験を規定する必要性はない。
- 2) ビームコヒージョン試験により、アスファルト混合物の粘着性を評価することは難しい。

しかし、今回の検討の結果明らかになったことは、アスファルトの性状についての一部分であり、未だ不明な点が多い。今後、さらに改質アスファルト（ゴムおよび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等）も含めたアスファルトの性状について検討を進めていく必要性は大きいといえよう。

(参考文献)

- 1) (財)日本アスファルト協会：重交通道路の舗装用アスファルト「セミブローンアスファルト」の開発、1984年5月
- 2) 中村：技術者のための統計解析、山海堂、p. 156
- 3) 日本道路公団：名神高速道路調査報告書、p. 35、1967年
- 4) 飯島他：幕張試験舗装におけるアスファルトの老化と供用性、土木技術資料 vol. 27 No. 3、(財)土木研究センター、pp. 3～8、1985年3月
- 5) 阿部他：コンシステンシー、アスファルト vol. 29 No. 148、(財)日本アスファルト協会、p. 17、1986年7月
- 6) 松野他：アスファルト舗装に関する試験、p. 231、(財)建設図書
- 7) 井町：アスファルト中のワックス分：アスファルト vol. 29 No. 150、(財)日本アスファルト協会、p. 78、1987年1月
- 8) 今井：アスファルトの生産と流通、アスファルト vol. 27、No. 142、(財)日本アスファルト協会、p. 31、1980年1月
- 9) 林：統計学講義、丸善(株)、pp. 269～271
- 10) 建設省土木研究所：ストレートアスファルトの性状調査結果、土木研究所資料2398号、1986年8月

あ と が き

本検討は、昭和60年度に実施したストレートアスファルトの性状調査結果、およびその後の追加調査結果をとりまとめたものである。この間、アスファルトの試験および規格に関する動きとして、63年11月にアスファルト舗装要綱の改訂、および舗装試験法便覧の発行（いずれも(株)日本道路協会より発行）があった。これら要綱類においては、アスファルトの試験および規格の規定の変更を行っている。それらの規定の変更に際して解析を行った結果が、今回まとめたアスファルト性状試験方法の検討および解析の結果である。また混合物試験は、アスファルト性状と混合物性状を結び付けてアスファルト規格の検討を行おうとしたものである。

60年度にストレートアスファルトの性状調査を行って以来、3か年にわたってアスファルトの性状について検討を行ってきたが、検討の結果感じたことは、アスファルトの物性の評価の難しさというものである。すなわち、既存の試験方法では現在のアスファルトの性状を的確に評価できないということ、さらに既存の試験と供用性の関係が明確ではない部分が非常に大きいということである。したがって、アスファルトの性状を的確に評価する試験方法、特に供用性に関連づけた試験方法の検討が、今後望まれる。土木研究所でも、今回の検討結果を一つの基盤として、アスファルトに関する検討を行っていきたいと考えている。

最後に、試料の収集にあたってご協力を戴いた(株)日本アスファルト協会、試料アスファルトを提供戴いた石油精製各社、および実験、解析にあたってご協力を戴いた関係各位に、この紙面を借りて厚く感謝申し上げます。

付表-1 試験結果一覧表 (40/60, 80/100 その1)

試料番号		40/60					80/100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
項 目		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														

付表-2 試験結果一覧表 (40/60, 80/100 その2)

試料番号		40/60					80/100																		
項 目		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11								
組成分析	アスファルテン	12.5	8.5	14.0	11.6	15.8	10.2	15.8	10.0	9.0	8.8	12.7	11.7	11.0	10.8	11.8	11.9								
	飽 和 分	15.0	14.8	13.8	18.5	13.4	14.0	16.3	13.5	15.8	15.2	15.4	15.9	15.6	17.2	16.5	15.9								
	芳香族分	52.7	55.6	49.6	43.6	52.4	51.6	43.4	54.2	51.4	52.0	50.5	50.4	51.0	48.6	47.5	48.7								
	レジン分	19.5	20.8	21.8	21.5	18.4	21.9	21.2	21.6	23.7	23.3	20.9	21.8	22.2	23.2	23.8	23.6								
	% 回 収 率	99.6	99.7	99.2	95.1	99.8	97.7	96.6	99.3	99.8	99.3	99.5	99.8	99.8	99.8	99.5	100.1								
パラフィン分 %		2.08	1.86	2.08	0.71	2.06	1.88	1.83	2.71	1.45	1.09	2.61	2.88	3.25	3.07	3.12	3.44								
スポットテスト		陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰								
比 重		1.035	1.029	1.032	1.027	1.037	1.029	1.029	1.031	1.023	1.021	1.029	1.027	1.027	1.024	1.025	1.024								
はくり試験		5%- ²⁾	5%-	5%-	5%-	5%-	5%-	5%-	5%-	5%-	5%-	5%-	5%-	5%-	5%-	5%-	5%-								
薄膜加熱試験	質量変化 %	+0.09	+0.09	+0.05	-0.04	+0.09	+0.09	+0.07	+0.09	-0.03	+0.08	+0.09	-0.09	+0.03	+0.05	-0.11	0.0								
	針入度	36	37	35	37	35	61	50	56	55	59	58	55	62	58	50	54								
	針入度変化率 %	73.5	71.2	68.6	74.0	74.5	66.5	60.2	62.9	60.6	67.3	63.2	61.6	68.9	61.7	60.2	62.1								
	軟化点	54.5	53.0	54.5	54.5	56.0	48.5	52.0	49.0	49.0	49.0	50.5	50.5	49.0	49.5	50.5	50.0								
	P. I	-0.82	-1.13	-0.92	-0.80	-0.60	-1.12	-0.71	-1.19	-1.23	-1.07	-0.73	-0.85	-0.95	-0.98	-1.07	-1.02								
	60℃粘度	7930	5460	6690	9030	9120	2780	4650	2690	3110	3070	3770	3380	2460	2620	3060	2780								
	60℃粘度比	1.87	1.78	2.00	1.90	2.05	1.85	2.50	1.98	2.21	1.98	2.40	2.58	2.02	2.26	2.51	2.14								
	伸度 (15℃)	21	44	10	88	9	140+	32	140+	140+	140+	87	41	140+	128	68	101								
	組 成																								
	アスファルテン	14.1	10.7	14.5	13.0	16.3	12.7	17.3	12.6	11.4	11.9	14.9	14.1	13.0	13.3	15.5	13.2								
	飽 和 分	11.9	11.5	13.4	18.2	12.0	13.9	15.3	13.1	14.8	14.2	14.6	16.1	15.6	15.8	16.4	15.6								
	芳香族分	48.6	50.7	46.1	42.1	48.6	49.4	42.2	50.1	47.5	47.8	46.7	45.7	46.1	45.5	44.7	46.6								
	レジン分	23.5	25.2	23.8	22.0	22.5	22.5	22.6	25.0	25.1	26.3	23.3	23.6	24.2	24.4	24.2	23.8								
	% 回 収 率	98.1	98.1	97.8	95.3	99.4	98.4	97.4	100.7	99.7	100.2	99.4	99.4	98.7	99.1	100.0	99.2								
スポットテスト		陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰								
回転式薄膜加熱試験	質量変化 %	+0.09	+0.09	+0.02	-0.10	+0.12	+0.06	+0.08	+0.11	-0.05	+0.06	+0.10	-0.14	+0.05	+0.05	-0.14	-0.3								
	針入度	33	36	33	35	33	60	52	57	55	57	56	54	58	58	50	58								
	針入度変化率 %	67.3	69.2	64.7	70.0	70.2	65.9	62.7	64.0	60.7	65.0	61.5	60.0	63.9	61.7	60.2	66.1								
	軟化点	56.5	54.0	56.0	57.0	58.0	49.0	52.5	49.0	49.5	49.0	51.0	50.5	49.5	49.0	50.0	49.5								
	P. I	-0.62	-0.97	-0.72	-0.40	-0.32	-1.03	-0.50	-1.15	-1.11	-1.15	-0.69	-0.90	-0.98	-0.11	-1.20	-0.98								
	60℃粘度 poise	11800	6990	8060	11600	12200	2950	4320	2510	3100	3190	3690	3380	2630	2510	2910	2650								
	60℃粘度比	2.74	2.28	2.41	2.44	2.75	1.97	2.32	1.85	2.21	2.06	2.35	2.58	2.16	2.16	2.39	2.04								
	伸度 (15℃)	9	27	8	24	7	140+	27	140+	103	104	94	89	119	130	64	100								

1) 5%以下の値

付表-3 試験結果一覧表 (60/80 その1)

試料番号		60/80																										
項 目		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23				
針入度	25℃	65	65	63	76	68	69	70	61	72	68	63	70	71	69	66	64	66	65	70	68	71	71	69				
	5℃	9	10	8	10	9	10	11	9	10	8	10	10	7	8	9	7	7	6	7	9	8	8	8				
軟 化 点		48.0	49.0	47.5	46.0	47.5	48.5	48.5	48.0	46.5	47.0	48.5	46.0	46.0	48.0	49.0	49.0	48.5	48.5	47.0	49.0	48.5	48.0	48.5				
P. I		-1.10	-0.83	-1.31	-1.26	-1.12	-0.81	-0.77	-1.25	-1.26	-1.26	-1.04	-1.47	-1.44	-0.95	-0.79	-0.87	-0.92	-0.96	-1.19	-0.71	-0.73	-0.87	-0.81				
60℃粘度 poise		2300	2290	1680	1270	1620	1930	2210	2300	1830	2020	2430	1900	1450	2190	2140	1850	2370	1920	2630	2560	2270	1790	2430				
高 温 動 粘 度	120℃ cSt	1190	1200	832	784	859	1070	1090	1160	857	984	1120	893	751	1080	1040	920	1090	990	1000	1100	1110	907	1140				
	140℃	400	401	292	273	295	363	361	383	305	349	393	318	267	382	374	329	389	358	359	398	386	330	408				
	160℃	162	164	123	118	124	152	150	159	129	147	166	137	114	159	154	139	162	151	144	167	165	138	169				
	180℃	80.5	86.1	63.9	60.9	62.8	77.3	73.4	78.7	66.4	75.1	83.4	69.6	58.7	80.9	77.5	70.3	81.3	77.9	72.9	83.8	82.4	70.5	84.8				
	135℃ (推定)	451.1	498.5	357.2	331.6	369.6	450.8	455.3	483.3	375.6	417.8	482.4	391.1	327.6	468.6	452.7	403.2	278.7	450.2	427.3	474.1	479.7	395.1	552.1				
	163℃ (推定)	133.1	148.4	109.7	103.1	110.9	134.9	131.9	140.5	115.6	128.3	146.3	121.0	101.4	141.9	136.6	123.3	141.9	133.9	127.6	145.1	145.3	121.8	163.7				
伸 度	15℃	140+	140+	140+	140+	140+	140+	140+	140+	140+	140+	140+	140+	140+	140+	140+	140+	140+	140+	140+	140+	140+	140+	140+				
	10℃	106	30	32	127	50	49	17	11	24	71	58	140+	95	46	24	34	26	25	140+	48	37	33	28				
	7℃	0	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	16	-	-	-	-				
三塩化エタン可溶分		99.88	99.63	99.93	99.89	99.92	99.60	99.76	99.91	99.94	99.99	99.97	99.99	99.97	99.96	99.98	99.44	99.95	99.79	99.99	99.39	99.72	99.89	100.0				
引 火 点	引火点温度	361	346	351	332	344	348	320	354	342	352	347	318	359	356	315	351	356	363	296	343	333	346	330				
	泡の有無									○	○												○	○				
	膜の有無		○	○		○	○	○				○	○		○	○	○		○			○	○	○				
蒸 発 試 験	質量変化		+0.02	+0.03	-0.06	-0.02	-0.01	+0.01	0	+0.01	-0.01	+0.01	0	-0.01	+0.01	-0.01	-0.04	+0.01	+0.02	+0.02	-0.03	+0.01	+0.03	-0.02	-0.01			
	針 入 度 比 %	平 均	96.5	99.1	106.6	97.8	97.5	92.9	92.9	95.0	89.9	88.2	90.0	95.1	89.2	102.8	96.4	94.8	98.3	98.2	94.7	98.3	100.8	97.6	93.6			
		1	(測点1)	93	102	111	100	97	94	90	90	91	88	86	94	88	102	93	91	95	96	91	100	98	100	98		
			(測点2)	98	102	123	100	95	92	95	93	93	88	94	94	87	104	98	95	96	96	94	95	102	97	58		
			(測点3)	95	102	106	97	98	92	87	95	91	94	97	96	90	104	98	97	98	100	97	95	103	98	100		
		2	(測点1)	102	93	104	96	98	94	102	95	87	83	94	96	90	100	96	93	100	98	92	98	100	97	79		
			(測点2)	98	96	98	91	97	89	94	95	87	89	72	96	91	100	98	95	98	95	98	100	102	93	100		
(測点3)	96		95	100	100	98	97	84	93	103	84	95	96	90	98	96	93	100	98	94	100	100	95	102				

付表-4 試験結果一覧表 (60/80 その2)

試料番号		60/80																							
項 目		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
組成分析%	アスファルテン	12.9	13.8	9.0	9.8	11.1	11.5	16.4	11.6	11.4	9.4	11.7	14.0	9.9	12.2	15.0	13.4	12.5	11.1	10.9	15.3	14.5	12.9	12.8	
	飽 和 分	13.1	14.8	15.6	18.2	16.5	15.5	16.1	13.4	15.8	13.6	13.1	13.1	14.8	14.8	16.5	14.3	12.7	13.8	18.1	12.4	13.8	16.2	15.1	
	芳 香 族 分	51.6	49.2	46.7	48.8	46.3	49.1	44.3	52.8	46.0	50.0	51.5	49.6	51.4	50.3	47.4	49.0	53.1	52.7	43.0	50.6	51.0	49.2	49.9	
	レ ジ ン 分	22.9	21.2	28.0	22.9	24.7	22.8	22.6	21.8	24.7	25.7	22.0	23.3	23.5	22.1	21.2	22.7	22.8	21.4	20.2	22.0	20.4	21.1	22.1	
	回 収 率	100.5	99.0	99.1	99.6	98.4	98.9	99.3	99.6	98.0	98.6	98.2	99.8	99.6	99.4	100.0	99.3	101.0	99.0	91.9	100.3	99.7	99.3	99.8	
パラフィン分 %		2.30	2.25	2.00	2.07	2.54	1.72	1.55	2.16	2.50	2.11	1.69	2.21	2.76	1.67	2.17	2.84	1.55	2.14	0.43	2.00	1.71	2.68	2.14	
スポットテスト		陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	
比 重		1.033	1.032	1.023	1.023	1.027	1.031	1.031	1.032	1.028	1.023	1.033	1.037	1.028	1.028	1.031	1.031	1.030	1.030	1.025	1.038	1.033	1.027	1.029	
はくり試験		5%- ¹⁾	5%-	5%-	5%-	5%-	5%-	5%-	5%-	5%-	5%-	5%-	5%-	5%-	5%-	5%-	5%-	5%-	5%-	5%-	5%-	5%-	5%-	5%-	
薄膜加熱試験	質量変化 %	+0.09	+0.11	+0.03	+0.07	-0.02	+0.09	+0.07	+0.10	+0.04	+0.08	+0.07	+0.04	+0.11	+0.05	-0.10	+0.07	+0.11	+0.11	-0.14	+0.09	+0.11	+0.01	+0.09	
	針入度	48	47	46	55	46	49	49	46	49	46	47	50	49	49	43	45	43	44	47	43	46	43	43	
	針入度変化率 %	73.8	72.3	72.2	71.8	66.9	71.0	70.0	75.4	68.1	66.9	74.6	70.7	68.3	70.3	65.2	70.3	65.2	67.7	67.1	63.2	64.8	59.9	62.3	
	軟化点	51.0	52.5	51.0	49.5	51.0	52.0	53.0	51.0	50.5	51.0	52.5	51.0	50.0	51.5	53.0	52.0	52.0	50.5	51.0	53.5	52.0	53.0	53.0	
	P. I	-1.04	-0.74	-1.14	-1.11	-1.14	-0.76	-0.52	-1.14	-1.12	-1.14	-0.74	-0.95	-1.24	-0.88	-0.82	-0.95	-1.05	-1.35	-1.09	-0.70	-0.90	-0.82	-0.82	
	60℃粘度	4160	4830	3260	2590	3330	3740	5290	3470	3170	3660	4710	3510	2500	4350	5270	3890	5130	3700	5730	5280	4760	4600	5900	
	60℃粘度比	1.81	2.11	1.94	2.04	1.73	2.31	2.39	1.51	1.73	1.81	1.94	1.85	1.72	1.99	2.46	2.10	2.16	1.93	2.18	2.06	2.10	2.57	2.43	
	伸度 (15℃)	140+	48	120	140+	66	70	21	127	68	60	57	140+	140+	54	20	48	33	80	140+	37	54	26	27	
	組成分析%	アスファルテン	14.3	14.8	10.9	12.7	12.6	12.9	17.2	12.9	13.4	9.6	15.9	15.1	11.1	12.5	15.1	13.4	13.7	12.0	12.3	15.3	14.6	14.6	14.8
		飽 和 分	12.6	13.8	15.2	16.0	15.5	13.9	15.2	11.0	14.2	12.9	10.4	9.2	10.8	12.6	13.0	12.7	13.5	13.0	16.4	11.8	12.5	14.5	14.3
		芳 香 族 分	49.5	47.6	45.1	44.5	44.1	46.7	42.7	50.5	44.0	49.1	50.0	50.9	50.1	48.4	45.8	46.3	49.4	50.5	40.1	49.7	46.7	45.0	47.4
		レ ジ ン 分	23.1	23.1	28.1	26.2	27.4	24.8	23.8	24.3	26.7	25.7	23.4	24.3	27.4	25.9	25.1	26.8	23.6	24.1	21.2	22.1	22.3	23.9	22.4
	% 回 収 率		99.5	99.3	99.3	99.4	99.6	98.3	98.9	98.6	98.3	97.3	99.7	99.5	99.4	99.4	99.0	99.2	100.2	99.5	89.9	98.8	96.0	98.0	98.8
スポットテスト		陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	陰	
回転式薄膜加熱試験	質量変化 %	+0.17	+0.15	+0.04	+0.09	-0.06	+0.09	+0.06	+0.12	+0.02	+0.08	+0.07	+0.05	+0.12	+0.06	-0.14	+0.05	+0.10	+0.10	-0.24	+0.06	+0.12	-0.01	-0.01	
	針入度	44	44	41	52	45	51	46	43	46	45	47	45	44	44	39	41	43	44	47	44	46	45	44	
	針入度変化率 %	66.9	66.9	65.1	67.8	65.5	73.2	65.7	70.5	63.9	66.2	74.6	64.3	62.0	63.8	59.1	64.1	65.2	67.7	66.4	64.7	64.1	62.7	63.8	
	軟化点	52.0	53.5	51.5	49.5	52.0	53.0	55.0	52.5	52.0	52.5	53.5	52.0	50.5	53.0	55.0	53.5	53.0	52.0	52.5	53.5	52.5	52.0	53.0	
	P. I	-1.00	-0.65	-1.27	-1.23	-0.95	-0.43	-0.22	-0.93	-0.90	-0.83	-0.74	-0.95	-1.35	-0.77	-0.59	-0.81	-0.82	-1.00	-0.74	-0.65	-0.78	-0.95	-0.77	
	60℃粘度 poise	4750	5120	3540	2570	4240	4610	6350	4920	4400	4300	5510	4410	2770	5160	6100	4140	5000	3520	5580	5060	4320	4150	5730	
	60℃粘度比	2.07	2.24	2.11	2.02	2.20	2.85	2.87	2.14	2.40	2.13	2.27	2.32	1.91	2.36	2.85	2.24	2.11	1.83	2.12	1.98	1.90	2.32	2.36	
伸度 (15℃)		94	28	88	140+	44	39	16	56	41	57	41	120	140+	29	11	34	40	54	117	44	50	28	23	

1) 5%以下の意

付表-5 ホイールトラッキング試験結果 (密粒 (20))

グレード	-No.	D. S (回/mm)				平均
		本試験 1	本試験 2	追加試験 1	追加試験 2	
40/60	- 1	1750	1350			1524
	- 2	1500	1331			1410
	- 3	1312	1312			1312
	- 4	1575	815	1005	829	984
	- 5	2625	2953			2779
60/80	- 1	909	827			887
	- 2	1196	675	1196	675	761
	- 3	505	822	505	822	644
	- 4	477	583			525
	- 5	829	583	829	583	652
	- 6	716	1038			848
	- 7	1277	1125			1196
	- 8	1243	1350			1295
	- 9	1074	716			859
	-10	883	1432			1092
	-11	591	626			608
	-12	1027	945			984
	-13	531	598			563
	-14	738	738			738
	-15	964	787			867
	-16	1350	1312			1331
	-17	738	622			675
	-18	665	630			647
	-19	964	1074			1016
	-20	1432	984			1167
	-21	622	563			591
	-22	801	675			733
	-23	1312	1817			1524
80/100	- 1	643	580			610
	- 2	1350	1074			1196
	- 3	537	378	466	497	457
	- 4	762	569			652
	- 5	867	787			825
	- 6	716	964			822
	- 7	1549	1016			1227
	- 8	711	909			797
	- 9	768		440	485	532
	-10	705	808			753
	-11	566	750			645

付表-6 ホイールトラッキング試験結果 (密粒ギャップ (13))

グレード	-No.	D. S (回/mm)				平均
		本試験 1	本試験 2	追加試験 1	追加試験 2	
40/60	- 1	614	559			585
	- 2	685	508			583
	- 3	466	738	514	413	508
	- 4	1050	727			859
	- 5	665	563			610
60/80	- 1	594	926			724
	- 2	485	537			509
	- 3	418	457			436
	- 4	357	407			380
	- 5	394	404			399
	- 6	402	477			436
	- 7	665	559			608
	- 8	450	643			529
	- 9	404	540			462
	-10	411	371			390
	-11	643	546			591
	-12	537	543			540
	-13	328	358			342
	-14	756	525			620
	-15	634	1086			801
	-16	573	432			492
	-17	598	573			585
	-18	440	556			491
	-19	549	511			529
	-20	618	525			568
	-21	413	508			455
	-22	598	402	328	454	425
	-23	531	528			529
80/100	- 1	400	461			429
	- 2	426	435			431
	- 3	332	328			330
	- 4	285	321			302
	- 5	361	321			340
	- 6	394	450			420
	- 7	383	338			359
	- 8	394	381			387
	- 9	324	286			304
	-10	275	253			263
	-11	288	319			303

付表-7 ビームコヒージョン試験結果 (密粒 (20))

グレード	-No.	こ う 着 度 C			
		本試験 1	本試験 2	本試験 3	平 均
40/60	- 1	315	341	301	318
	- 2	272	251	224	247
	- 3	221	234	162	200
	- 4	268	264	288	273
	- 5	232	254	257	247
60/80	- 1	225	226	300	246
	- 2	169	206	149	171
	- 3	220	198	207	208
	- 4	148	125	119	129
	- 5	186	164	158	169
	- 6	200	169	190	186
	- 7	141	139	184	152
	- 8	174	254	250	219
	- 9	227	284	196	243
	-10	190	158	209	183
	-11	212	212	199	207
	-12	240	192	233	220
	-13	243	186	224	215
	-14	256	361	261	286
	-15	303	320	271	297
	-16	231	284	233	247
	-17	298	300	252	281
	-18	237	220	241	232
	-19	188	289	281	243
	-20	241	166	228	206
	-21	236	197	204	211
	-22	250	288	309	280
	-23	294	233	296	271
80/100	- 1	173	150	216	176
	- 2	259	255	249	254
	- 3	306	283	193	250
	- 4	300	296	271	288
	- 5	295	280	248	273
	- 6	259	222	285	253
	- 7	225	222	171	203
	- 8	283	272	379	305
	- 9	133	141	162	144
	-10	242	292	271	267
	-11	265	261	198	237

付表-8 ビームコヒージョン試験結果 (密粒ギャップ (13))

グレード	-No.	こ う 着 度 C			
		本試験 1	本試験 2	本試験 3	平 均
40/60	- 1	424	317	398	372
	- 2	333	328	398	350
	- 3	285	453	399	365
	- 4	501	369	449	433
	- 5	340	398	405	379
60/80	- 1	305	330	245	289
	- 2	507	412	496	468
	- 3	394	344	373	369
	- 4	305	261	324	294
	- 5	318	354	407	356
	- 6	420	429	408	419
	- 7	486	431	404	438
	- 8	351	404	423	390
	- 9	422	354	386	385
	-10	420	425	415	420
	-11	430	382	359	388
	-12	393	429	416	412
	-13	351	393	334	358
	-14	354	378	395	375
	-15	409	407	295	361
	-16	324	315	336	325
	-17	417	301	404	366
	-18	305	394	300	328
	-19	354	320	333	335
	-20	509	352	396	409
	-21	385	435	426	414
	-22	351	375	377	367
	-23	375	408	370	383
80/100	- 1	377	292	451	362
	- 2	358	375	414	381
	- 3	302	348	280	307
	- 4	196	190	156	179
	- 5	346	329	255	305
	- 6	278	451	377	355
	- 7	385	316	253	309
	- 8	363	411	332	366
	- 9	289	313	321	310
	-10	349	310	227	286
	-11	308	204	320	266

ストレートアスファルトの性状調査結果
(第2報)

ISSN 0386-5878
土研資料 第2685号
昭和63年12月(1988)

安 崎 裕

要旨

本資料は、土木研究所資料2398号(昭和61年8月)に発表した
ストレートアスファルトの性状調査結果の続報であり、スト
レートアスファルト性状についての追加解析、および混合物試
験の結果について報告するものである。

キーワード：舗装、アスファルト舗装、ストレートアスファルト、
ホイールトラッキング試験、ビームコヒージョン試験、
動的安定度、60℃粘度

○

郵便はがき

3 0 5 - □ □

四十円切手
をはって下
さい。

茨城県つくば市旭一番地

建設省土木研究所

道路部舗装研究室行

No. _____

No. _____

配布先住所

配布先氏名

○

○

土木研究所資料第2685号
「ストレートアスファルトの
性状調査結果（第2報）」

部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名

印

○