

アスファルト

第21巻 第116号 昭和53年8月発行

116

〈報文〉

舗装用バインダーとしてのセミブローンアスファルト
の特性に関する一見解 関根幸生・秋原 博 1

〈近況報告〉 歴史の重み 佐藤 清 11

★研究者のノートから★その5
アスファルト舗装の構造設計
における最近の動向(3) 阿部頼政 14

〈需給解説〉 当面の石油アスファルト需給 44

★秋季アスファルトゼミナール予告★ 10

特集・アスファルトの試験研究――

- | | |
|-------------------------|----|
| ① 石油アスファルト絶対粘度試験方法について | 24 |
| ② 石油アスファルト高温動粘度照合試験結果報告 | 29 |
| ③ 石油アスファルト溶剤可溶分照合試験結果報告 | 33 |

舗装用バインダーとしてのセミブローン アスファルトの特性に関する一見解*

関根幸生** 秋原博**

要旨

わだち掘れ対策アスファルトとして注目されている高粘度セミブローンアスファルトの製造原料、製品性状と流動抵抗性、疲労抵抗性などの共用性能との関係をホイールトラッキング試験、くり返し曲げ試験によって検討した。

その結果、60°C粘度の高いアスファルトほど、流動抵抗性の優れる傾向が確かめられたが、疲労抵抗性に関しては、セミブローンアスファルトの組成、針入度指数などとの関連の深いことを示唆する結果を得た。これらの結果にもとづき、流動抵抗性、疲労抵抗性の両面に優れたセミブローンアスファルトの指向すべき方向について、一見解を示した。

1. 緒言

近時において国内でのアスファルト舗装の耐久性に関連した最大の課題の一つが、流動問題であることは広く認識されているところである。

日本アスファルト協会(舗装用アスファルト分科会)がこの問題を採り上げ、流動抵抗性の優れたアスファルトの開発を目的として内外の文献の広範な調査、舗装実態の調査、さらには同分科会の発展した建設技術研究補助金事業(昭和52年度)において、それ迄の分科会における諸調査結果をふまえて試作した耐流動アスファルトの室内実験、現場実験による評価等を官民一体で実施してきたことは当を得たものといえよう。

これ迄の舗装用アスファルト分科会および建設技術研究補助金事業で行なわれてきた諸調査及び室内、現場実験の経過ならびに結果の一部は既に報告されておりであるが、⁽¹⁾⁽²⁾耐流動アスファルトとして試作、検討されているアスファルトの特性を要約すれば、舗装路面の到達する最高温度とされる60°Cの粘度を高め(14,000±4,000ポアズ)、かつ高粘度の硬いアスファルトを指向することによるひび割れ等の発生を防止するため針入度を比較的大きく(40以上)保った、ゴム、樹脂等の添加物を含まないセミブローンタイプのアス

ファルトとすることができます。

60°C粘度の高いアスファルトを用いることにより流動抵抗性がいちじるしく改善されることは、これ迄の報告によても明らかな事実と考えられる反面、高粘度アスファルト使用による弊害の懸念のあることも当然のことといえる。

高粘度アスファルトは、舗装の供用性のみに限定すると最大の懸念はクラックに関するものであろう。この点、舗装用アスファルト分科会提唱の高粘度耐流動アスファルトは単純曲げ試験結果から高粘度アスファルトであっても針入度を40以上に保つことにより、現在、ひび割れ等に関して支障なく供用されている同針入度級のストレートアスファルトと、同等以上の性能を有するものとみなしており、耐流動高粘度セミブローンアスファルトに関して、ひび割れの面で歯止めがなされているといえる。しかしながら、高粘度セミブローンアスファルトは従来のストレートアスファルトと製造法を全く異にするものであるだけに、特にひび割れに関して『何か起こるのではないか』といった危惧が一部に根強くあることも否定できない。セミブローンアスファルトに関する、この面での検討結果は少なく、僅かに菅原らが施工ジョイント部の亀裂発生の有無や転圧時のヘーキラック発生の有無などから針入度100~120級では針入度指数(以下P.Iと略称)⁽³⁾+1.7程度が上限とする見解を示している程度である。

このような背景から、耐流動用アスファルトとして検討されている高粘度セミブローンアスファルトの疲労抵抗特性を把握し、耐流動、耐クラック両面で優れた製品の指向すべき方向を探索することが不可欠と考え、広範な原料油を用いて試作した60°C粘度約6,000~30,000ポアズ(一部30,000ポアズ以上)、針入度40~100(一部100以上)の範囲のセミブローンアスファルトについて、これらアスファルト配合材のくり返し曲げ試験を主体とする実用性能を実験室的に評価した。その結果、この種セミブローンアスファルトのくり返し曲げによる耐疲労性能に関して2,3の興味ある知

* 昭和53年7月14日受理

** 丸善石油㈱研究所

見を得たので、この点を主体に報告する。

なお、特にアスファルト合材の疲労試験は試験法として確立するに至っていないばかりか、試験方法、試験条件によって、いちじるしく異なる結果の得られることが指摘されている。したがって、ここでの結果についても、一研究者の一見解として捉えることが妥当であり、むしろこれを一つの契機として、今後、多面的な検討が加えられ、真理に迫ることが不可欠であろう。

2. 供試体アスファルト

2.1. ストレートアスファルト

セミブローンアスファルトの諸特性検討における比較対象として、針入度40~60級1試料、60~80級4試料の合計5試料を供試した。供試したストレートアスファルトの一般性状、組成分析結果を表-1に示す。すなわち、良好な特性のアスファルトが得られるところから国内で広くアスファルト製造用に供される3種類の中東系原油種から得たストレートアスファルト4試料（試料No.1~4）およびアスファルト収率が低く、アスファルトの採取が困難であるのみならず、品質面においても、やや特異なためアスファルト製造には使用されない中東系原油種より試作したストレートアスファルト1試料（試料No.5）の合計5試料である。試料No.1, 2, 4は製油所実生産品であり、試料No.3, 5は原油より分子蒸留法で実験室的に得たものである。

2.2. セミブローンアスファルト

(1). セミブローリング原料

60°C粘度、針入度、組成、ブローン化度の異なる広範なセミブローン製品を得るために、はば広い原料油を使用した。供試原料油は表-2に示すとおりで、カット温度の異なる減圧蒸留出油3種、針入度80~100級および200~300級のストレートアスファルト各々1種で、いずれも中東系原油に由来するものである。なお、ここで用いた減圧蒸留出油中には、広範な性状のセミブローンアスファルトを作製するため、実際の高粘度アスファルト製造には供されないと考えられるものも含まれている。表-2に示す減圧蒸留出油を単独で、または表-2のストレートアスファルトと種々な割合で混合してセミブローリング原料とした。原料油の混合割合は表-3に示すとおりである。

表-1 供試ストレートアスファルトの性状

試料No. 原油種 性 状	1 A(中東系)	2 A(中東系)	3 B(中東系)	4 C(中東系)	5 D(中東系)
針入度、25°C, 100g, 5sec	67	51	68	66	70
軟化点、°C	48.5	51.5	48.5	48.5	54.5
針入度指数	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	+0.8
7°C, cm	0.2	0.2	0.2	7.1	3.4
伸度	10°C, cm	18.5	0.2	28.7	30.5
	15°C, cm	100	92	100	100
粘度(135°C), cst	320.2	392.0	372.2	438.4	—
粘度(60°C) 原アス, poise	1,760	4,130	1,800	2,000	4,850
TFO後, poise	2,780	7,950	2,540	4,120	4,250
粘度比 ^(注1)	1.6	1.8	1.4	2.1	8.8
薄膜加熱重量変化, %	+0.08	+0.10	+0.10	+0.11	+0.09
薄膜加熱後の針入度, %	59.7	62.7	66.2	72.7	70.0
飽和, %	16.2	11.6	13.5	10.2	25.4
組成分析	芳香族, %	44.2	44.4	55.7	50.8
	レジン, %	25.2	28.8	23.0	25.1
	アスファルテン, %	14.4	15.2	7.8	13.9

(注1) 粘度比: 薄膜加熱後60°C粘度/原アスファルト60°C粘度

表-2 セミブローリング原料の性状

区分 原料No. 原油種 性 状	減 壓 蒸 留 留 出 油			ストレートアスファルト	
	1 A(中東系)	2 C(中東系)	3 C(中東系)	4 A(中東系)	5 C(中東系)
針入度、25°C, 100g, 5sec	—	—	—	207	98
軟化点、°C	—	—	—	—	46.5
粘度	100°C, cst	10.0	7.0	90.7	1,050.6
	135°C, cst	—	—	—	172.5
組成分析	飽和, %	67.0	66.3	36.5	20.5
	芳香族, %	26.0	31.0	47.9	43.2
	レジン, %	6.0	2.5	11.7	26.6
	アスファルテン, %	1.0	0.2	3.9	9.7

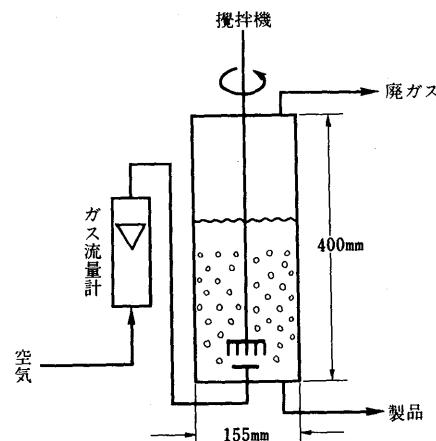


図-1 ブローイング装置

表-3 供試セミブローンアスファルト原料油、製品の性状

	No.	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
原 料	原料No1(1) (減圧留出油)	32.6w, %	12.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
原 料	No2 (")	—	—	25.0	50.0	63.7	—	—	—	—	—	—	
原 料	No3 (")	—	—	—	—	11.3	20.0	34.0	61.0	75.0	100.0	50.0	
油 構 成 及 び 性 状	No4 (スト・アズ)	67.4	88.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
油 構 成 及 び 性 状	No5 (")	—	—	75.0	50.0	25.0	80.0	66.0	39.0	25.0	—	50.0	
粘 度(100°C), cst	135.0	513.0	250.0	50.8	22.3	1,074.0	602.0	248.0	190.7	90.7	380.0		
組成分析	飽和, %	35.6	26.0	26.9	40.1	49.7	18.3	21.4	27.6	30.8	36.5	25.2	
組成分析	芳香族, %	37.5	41.1	47.6	42.1	38.4	52.1	51.3	49.9	49.2	47.9	50.6	
組成分析	レジン, %	19.9	24.1	16.3	11.8	8.1	19.0	17.8	15.3	14.0	11.7	16.4	
組成分析	アスファルテン, %	7.0	8.8	9.2	6.0	3.8	10.6	9.5	7.2	6.0	3.9	7.8	
針入度, 25°C, 100g, 5sec	69	50	70	96	148	38	44	55	57	73	62		
軟化点, °C	56.0	56.0	55.5	62.5	78.0	59.5	60.0	60.0	61.5	59.5	57.0		
製品	針入度指數	+1.0	+0.2	+1.0	+3.4	+7.7	+0.2	+0.7	+1.2	+1.6	+1.9	+0.9	
セミアロイ	伸度	7°C, cm	3.1	3.5	4.0	2.3	1.5	3.2	3.2	3.4	3.1	2.9	
セミアロイ	伸度	10°C, cm	4.0	4.3	5.3	2.6	1.7	3.9	3.9	3.8	4.0	3.8	
セミアロイ	伸度	15°C, cm	5.5	7.3	8.2	3.1	1.8	6.0	5.7	5.2	4.7	4.4	
セミアロイ	粘度(135°C), cst	425.6	575.8	572.5	470.0	632.8	884.9	853.8	638.9	672.0	494.8	593.0	
セミアロイ	粘度(60°C)	原アス, poise	5,680	5,870	12,900	27,100	測定不能 ⁽⁵⁾	13,000	13,300	12,200	17,900	11,300	9,030
セミアロイ	TFO後, poise	74,400	39,700	49,700	820,000 ⁽⁴⁾	測定不能 ⁽⁵⁾	46,200	44,800	48,800	82,300	56,800	30,200	
セミアロイ	粘度比 ⁽³⁾	13.1	6.8	3.9	30	—	3.6	3.4	4.0	4.6	5.0	3.3	
セミアロイ	薄膜加熱重量変化, %	-0.55	-0.18	-0.86	-1.58	—	+0.03	+0.04	-0.01	-0.03	-0.06	—	
セミアロイ	薄膜加熱後の針入度, %	60.9	60.0	61.4	60.4	—	78.9	77.3	74.5	77.6	75.3	—	
セミアロイ	飽和	31.2	22.4	24.3	35.8	39.4	15.4	16.3	21.6	29.5	26.2	23.7	
セミアロイ	組成分析	芳香族, %	30.8	33.8	35.4	28.2	25.0	42.2	40.4	37.5	33.8	35.8	37.5
セミアロイ	組成分析	レジン, %	12.7	17.0	13.7	8.4	11.0	17.5	16.6	14.5	12.3	12.6	14.5
セミアロイ	アスファルテン, %	25.3	26.8	26.6	27.6	24.6	24.9	26.7	26.4	24.4	25.4	24.3	

注(1)：原料No1は表-2と共通

(2)：計算値

(3)：粘度比 薄膜加熱後60°C粘度／原アス60°C粘度

(4)：測定上限以上ため参考値

(5)：高粘度のため測定不能

(2) ブローイング装置

セミブローイング製品の作製に用いた実験装置は強制かくはん装置を備えた鋼製、内容積約4ℓ、回分式のもので、その概要は図-1に示すとおりである。

(3). セミブローンアスファルトの作製

表-2に示す原料油を種々な割合で混合し、さまざまな組成および粘度の原料油を調整し、図-1のブローイング装置に張り込んで反応温度250°C、空気吹き込み量4ℓ/min/kg原料のごく標準的反応条件下、触媒を添加せずにセミブローイングした。

セミブローイングは、60°C粘度6,000~30,000ポアズ、針入度40~100の範囲にあり、かつ、この範囲内で、できるだけ広範囲に分散した性状のセミブローン製品が得られるように原料油および反応時間を適当に選んで行なった。使用した原料油の混合割合、組成分析値、粘度およびこれをセミブローイングして得た製品の一般性状、組成分析値をまとめて表-3に示した。表-3に示すとおり、得られたセミブローンアスファルトは1つの例外(試料No.10)を除いて、いずれも上記60°C粘度、針入度の目標性状範囲内にある。なお、試料No.10は両性状のいずれにおいても、上記目標範囲をはなはだしく逸脱しているが、高針入度を維持したまま深くブローイングした極端な比較試料として検討対象に加えた。

試料No.10を含めて、無触媒空気ブローイングの製品としては60°C粘度、針入度のみならずP.I.すなわちブローイングの深さにおいてもきわめて広範な試料が網羅されているといえよう。なお、いう迄もなく、ここで得たセミブローン製品は純粹に石油系原料によるもので、ゴム、樹脂その他の二次的添加物、もしくはこれに類するものは一切含まれない。

3. アスファルトの性状試験方法

一般性状の測定は各々、下記の試験法によった。

針入度：JIS K-2530

軟化点：JIS K-2531

伸度：JIS K-2532

薄膜加熱試験：ASTM D-1754

高温粘度：ASTM D-2170

60°C粘度：ASTM D-2171

また、組成分析は飯島の方法によった。⁽⁴⁾すなわち、試料をn-ペプタンに溶かし、不溶分をアスファルテンとして分離し、可溶分(マルテン)をさらにアルミニクロマトグラフィーにより飽和成分、芳香族成分、レジン成分に分別した。

4. アスファルト合材の評価方法および結果

試作した各種セミブローンアスファルトの舗装用アスファルトとしての評価をホイルトラッキング試験(以下WT試験と略称)による流動抵抗性およびくり返し曲げ試験による疲労抵抗性の2項目について、ストレートアスファルトと対比して実施した。各々の試験方法および結果は以下に示すとおりである。

4.1. WT 試験

試験機：谷藤機械社製

供試体寸法：30×30×5cm

締固め条件：ローラーコンパクターにより5往復/min.の条件下、線圧9.1kg/cmで1往復、30kg/cmで22往復、42.2kg/cmで1往復して締め固める。

合材：密粒度アスファルトコンクリート、アスファルト量5.5%。骨材の粒度分布を図-2に示す。

トラバース：60°C、荷重4.5kg/cm²で30分間実施。試験：トラバース実施後、マーシャル密度の100±1%の範囲にある供試体を60°Cで一夜養生した後、60°C、45分、荷重5.5kg/cm²の条件で試験した。

各試料アスファルトにつき、マーシャル密度の100±1%の範囲にある供試体を3枚用意し、その全てをWT試験に供した。測定値は各試料アスファルトにつき、3枚の供試体における測定値の平均値をもつてした。

種々な特性のセミブローンアスファルトおよび比較対象のストレートアスファルトを配合した密粒度アスファルトコンクリートの60°Cにおける動的安定度試験結果を表-4に示した。

4.2. くり返し曲げ試験

試験機：インストロン社製モデル1230型

供試体寸法：4×4×35cm

合材：サンドアスファルト、アスファルト量8.5%
骨材の粒度分布を図-3に示す。

供試体作製法：混合した合材を40×30×6cmの型枠に入れ、130~145°Cで5~7t/min.の割合で荷重を増し、荷重が25tに達した状態で5分間保持する静圧荷重法で締め固める。締め固めた合材からダイヤモンドカッターにより4×4×35cmの供試体を切り出し、曲げ試験供試体とした。各試料アスファルトごとに締め固めた合材を6枚作製し、

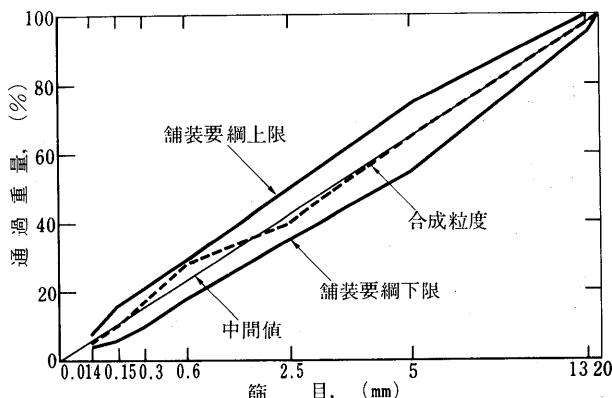


図-2 ホイールトラッキング試験供試体用骨材の粒度分布
(密粒度アスファルトコンクリート)

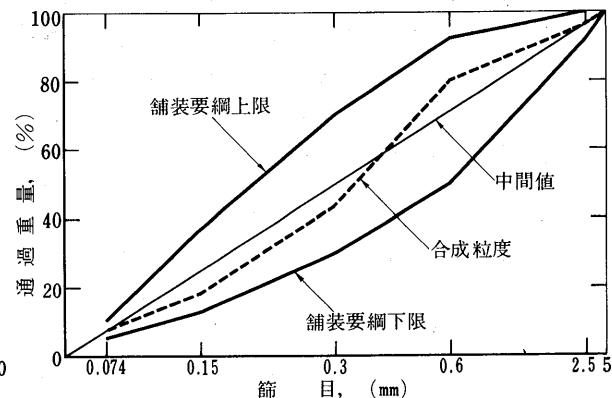


図-3 曲げ試験供試体用骨材の粒度分布
(サンドアスファルト)

表-4 ホイールトラッキング試験結果

区 分	試 料 № ⁽¹⁾	動的安定度 (pass/mm)		
		平均 値	最 大 値	最 小 値
ストレート アスファルト	1	880	1,020	740
	4	970	990	940
	6	5,000	6,630	3,100
	7	4,100	5,000	3,250
	8	4,200	4,450	4,000
	9	6,500	7,100	5,700
	10	7,000	10,800	3,450
	11	13,600	19,400	7,800
	12	11,600	18,300	4,000
	13	3,500	3,780	3,210
	14	6,800	7,950	5,500
	15	3,800	4,790	2,600
	16	4,600	6,800	2,350

注(1)：表-1, 表-3 と共通

1枚から1本の供試体を切り出す方法で各試料アスファルトごとに合計6本の供試体を得る。

試験条件：試験温度10°C。支持体間隔（スパン）30

cm, 周波数10Hz, 歪レベル 6×10^{-4} の定歪条件

適用した試験条件は菅原らのものと同一である。⁽³⁾なお、合材はサンドアスファルトタイプとしたが、これは密粒度アスファルトコンクリートではくり返し曲げにより疲労破壊に至る曲げ回数がきわめて大となり、試験所要時間が膨大となるためである。

また、くり返し曲げ試験は一般にバラツキが大きいとされるところから、各試料アスファルトごとに6枚の合材を作製し、各合材から1本ずつ切り出した合計6本の供試体で6回の試験を行ない、6回の試験の平

表-5 くり返し曲げ試験結果

区 分	試 料 № ⁽¹⁾	破壊に至る曲げ回数		
		平均 値	最 大 値	最 小 値
ストレート アスファルト	1	6,200	7,800	4,150
	2	5,700	6,300	5,090
	3	7,750	8,750	6,500
	5	7,450	9,300	5,350
	6	6,300	8,730	4,000
セミブローン アスファルト	7	27,200	32,400	22,000
	8	16,500	22,000	11,000
	9	2,250	3,270	1,150
	10	測 定 不 能 ⁽²⁾		
	14	11,510	13,800	9,510
	15	4,600	6,150	3,050

注(1)：表-1, 表-3 と共通

(2)：治具締めつけ時に破損

均値をもって測定値とした。

各供試アスファルトごとの6本の供試体に関するくり返し曲げ試験での破壊回数の最大値、最小値および平均値を表-5に示した。

一般にくり返し曲げによる破壊回数の測定はバラツキが大きいとされているが、表-5に示すとおり、今回のデータに関しては若干のバラツキは見られるものの、アスファルト相互の差を論ずるには充分な精度で測定値が得られているといえよう。

5. 考 察

WT試験における動的安定度(Dynamic Stability, 以下D.Sと略称)と各供試アスファルトの60°C粘度(原アスファルトおよび薄膜加熱後アスファルト)お

より軟化点（原アスファルト）の関係を各々、図-4、図-5に示した。これらの図によれば60°C粘度、軟化点のいずれもD.Sと一応の相関性が認められ、施工性、ひび割れなど耐流動性以外の特性を考慮外とすれば、60°C粘度または軟化点の上昇による流動抵抗性改善への寄与は明らかといえよう。しかしながら、図-4、図-5のいずれにしても必ずしも満足しうる相関性があるとはいはず、このことは、アスファルトの流動性抵抗をその60°C粘度または軟化点と単純に結びつけることの危険性を示唆するとも考えられる。その端的な例が試料No.10である。すなわち試料No.10は減圧毛管法での60°C粘度測定上限を越える高粘度で、軟化点もいちじるしく高い(78.0°C)にもかかわらず、D.Sは予想外に低く、特異な挙動を示している。試料No.10の特異性はくり返し曲げ試験においても現われており、これらは本質的には同じ原因によると考えられ、きわめて興味あることがらがあるので、疲労抵抗性と合わせて、以下に詳しく考察を加える。

既に表-5に示したとおり、本実験で適用した試験条件における供試ストレートアスファルト3種の疲労破壊回数はいずれも、およそ5,000~8,000回の範囲にあり、試験精度を考慮すれば、供試ストレートアスファルト相互の耐疲労破壊性能に有意差は無いとみなされる。一方、セミブローンアスファルトについて見ると、ストレートアスファルトに比し、いちじるしく破壊に至る曲げ回数の大なる、耐疲労性能の優れているとみなされるものもある反面、ストレートアスファルトの破壊回数水準より明らかに低位の曲げ回数で破壊するものや、極端なものでは試料No.10のごとく、曲げ試験装置の治具に装填する段階で既に破壊に至るセミブローンアスファルトの存在することも認められ、一概にセミブローンアスファルトの耐疲労性能がストレ

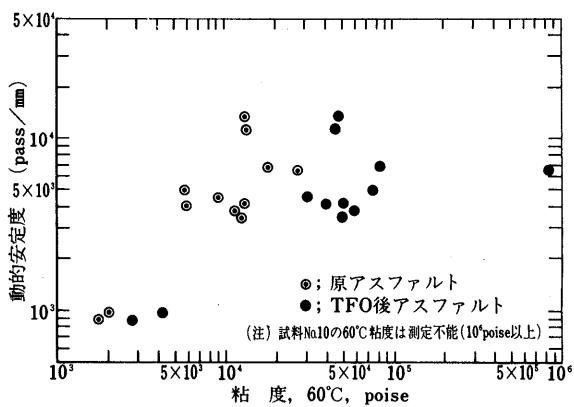


図-4 動的安定度とアスファルトの60°C粘度の関係

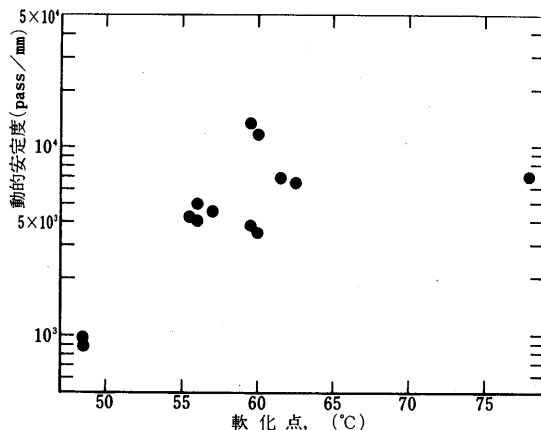


図-5 動的安定度とアスファルトの軟化点の関係

ートアスファルトのそれに優るとはいえないことを示している。

そこで、ストレートアスファルト、セミブローンアスファルトを一括して、これらアスファルトの諸物理的、化学的性質とWT試験におけるD.S、くり返し曲げ試験における破壊に至る曲げ回数との関係を詳細に検討した。

一般に歪一定条件下の疲労試験では高粘度アスファルト配合材ほど破壊回数が小さいといわれる⁽⁵⁾ところから、供試アスファルトの60°C粘度（原アスファルトおよび薄膜加熱後アスファルト）に対し疲労破壊回数を点綴して図-6を得た。図-6によれば破壊回数と原アスファルト60°C粘度の間にはセミブローンアスファルト相互では、高粘度になるほど破壊回数が低下する傾向がうかがわれるもののストレートアスファルトとセミブローンアスファルトとを一括して見る場合、明確な関連性は認められない。また、同じく薄膜加熱後60°C粘度との間にもセミブローンアスファルト相互では高粘度のものほど疲労抵抗性が小さくなる傾

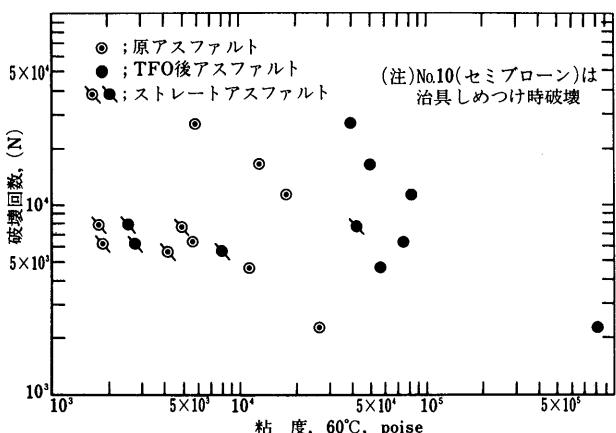


図-6 破壊回数とアスファルトの60°C粘度の関係

向がうかがわれるものの不明確である。このことは、供試したセミブローンアスファルトの原料油粘度、組成およびブローン化度が広範にわたっていることにも起因すると推定され、このように広範な特性のアスファルトを対象とする場合、アスファルトの粘度と疲労破壊特性を単純に関係づけることに無理のあることを示すと考えられる。換言すれば、同一原料を種々なブローリング化度にブローリングし、異なる60°C粘度の製品を作製し、疲労試験を行なえば高粘度のものほど破壊回数の小さい傾向が明らかとなるものであろう。

次で、原アスファルトのP.I.と破壊回数の関係を点綴して図-7を得た。図-7に示すとおり、P.I.の比較的低い範囲(0~+0.5以下)まではP.I.上昇に伴ない、疲労破壊回数は上昇するが、これを越えると疲労破壊回数の急激な低下が見られ、P.I.およそ+2.0付近でP.I.が-1.0程度であるストレートアスファルトと同水準に落ち込み、更にP.I.の高い、ブローン化度の深いアスファルトでは、極端な場合、供試体を曲げ試験機治具装填時に破壊する(試料No.10)といった、きわめて脆い合材になっているものも見られる。

このことをアスファルトの組成的特性と結びつけて考察してみる。

ブローリング反応をアスファルトの組成面から見ると、アスファルト中の芳香族分、レジン分の酸化、重縮合などによるアスファルテンへの移行とみなすことができるが、軽質な原料から出発し、深くセミブローリングした極端な場合をやや模式的に考えると、芳香族、レジン分の大部分がアスファルテン化し、多量のアスファルテンが芳香族、レジン分に充分ペプタイズされることなく、アスファルテン粒子そのものに近い状態のまま、飽和分の中に分散した、一種のスラリー状の内部構造を有すると推定される。このような構造のアスファルトは強固なゲル構造により、P.I.は高くなる反面、マルテン分とアスファルテン分の間を相互溶解という形で結びつける芳香族分、レジン分がいちじるしく少ないため、構造的には粘りのない、脆弱なものとなり、くり返し曲げなどに対しては破壊しやすい傾向があるものと考えられる。

このようなことから、空気ブローリングのみで極端にP.I.を高めたセミブローンアスファルトでは、あるP.I.値、すなわち、あるセミブローリング化度の深さを境にして疲労破壊特性が急激に低下することも充分予測しうるところであろう。

上記推論をうらづけるものとして図-8、図-9を示した。図-8は、くり返し曲げ試験に供したセミブローンアスファルトの原料油粘度に対し破壊回数を点

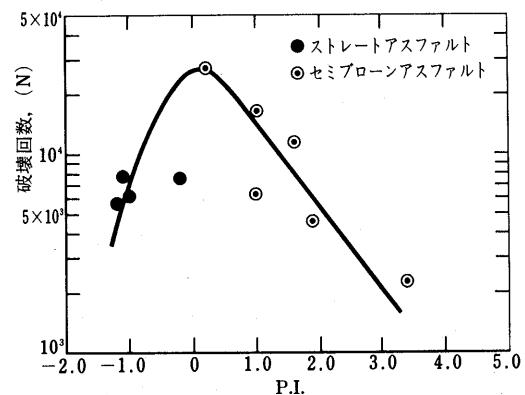


図-7 破壊回数とアスファルトのP.I.の関係

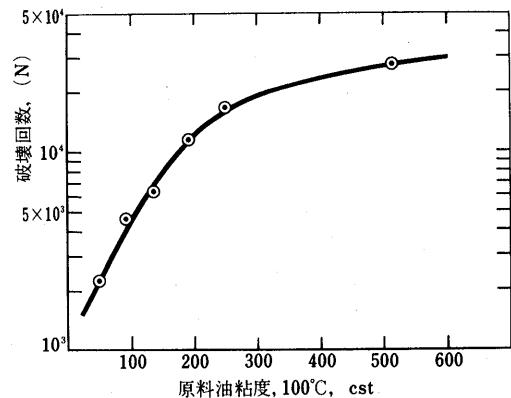


図-8 破壊回数とセミブローン原料油粘度の関係

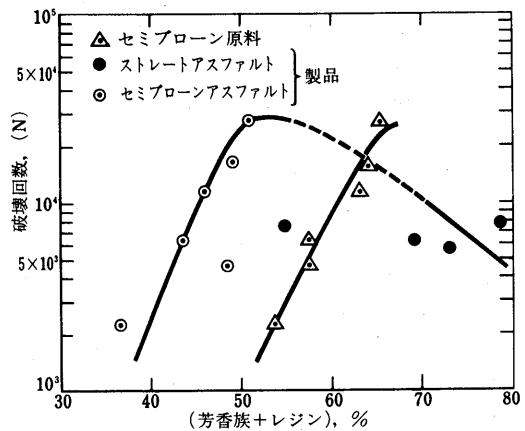


図-9 破壊回数と芳香族、レジン分含有量の関係

綴したものである。一見して明らかなように、両者の中には明確な相互関係があり、原料油粘度の高いものから製造したセミブローリングアスファルトほど疲労破壊に対する抵抗性は大きい傾向が示されている。供試セミブローンアスファルトの針入度は40~100と一

応限定了された範囲にあることから、ここで原料油粘度の差は、セミブローラン製品のブローラン化度の深さに対応するとみなされる。すなわち、原料油粘度の低いものほど、同一針入度水準に達するまでに深いブローライングを要し、したがってP.I.は高い値となると考えることができる。図-9には供試セミブローランアスファルト原料油および製品の芳香族分+レジン分に対して、くり返し曲げ試験における疲労破壊回数を点綴した。

ここでも、芳香族分+レジン分といった、油分とアスファルテンとを結びつける成分に富むほど、疲労破壊に対する抵抗性の優れていることが明らかである。なお、セミブローライング原料油の芳香族分+レジン分と破壊回数との間にも全く同様な傾向が見られるが、このことは、軽質なセミブローライング原料ほど、同一針入度のセミブローラン製品を得る際に、多量の芳香族分、レジン分のアスファルテンへの転化を要すると共に、このような原料は本来飽和分に富み、芳香族分、レジン分が少ないと考えられる。なお、図-9の関係は芳香族+レジン分が50%以上の点でピークに達し、更に芳香族+レジン分が増し、ブローラン化度が浅く、アスファルトのゲル的特性が顕著になるにつれ疲労抵抗性が低下する傾向となり、ストレートアスファルトの芳香族+レジン分含有量である、約70%程度で破壊回数は5,000~10,000程度になるものと推定される。

ここで述べた疲労抵抗性とアスファルトの特性との関係は、WT試験においても本質的には相通じるものがあると考えられる。

改めて述べるまでもなく、WT試験は本来アスファルト合材の塑性流動性を評価するものであり、同試験における変形は、本質的にはアスファルト合材の塑性変形によることは疑う余地がない。しかしながら既に見た図-4、図-5に相当のバラツキが見られ、極端な場合には試料No.10のように、これらの関係から大巾に逸脱した特異な挙動を示すアスファルトも存在することを、単に塑性変形だけから解釈することにはむしろ無理がある。このような特異な挙動を示すアスファルトにあっては、塑性変形の要素に加えて、輪荷重のくり返しによるアスファルト内部のゲル構造の破壊を伴なう変形の要素が加わり、60°C粘度、軟化点といった性状値からは予測しえない変形特性を示していると考える方が理解が容易である。そこで、試みに各供試アスファルトの薄膜加熱後の60°C粘度をパラメーターとする、D.Sと各アスファルトの芳香族分+レジンの関係を点綴して、図-10を得た。薄膜後60°C粘度が同

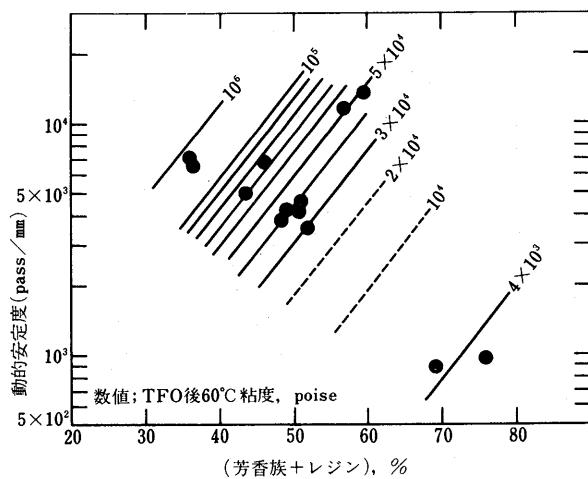


図-10 動的安定度と芳香族、レジン含有量、60°C粘度の関係

一水準で芳香族+レジン分の量が異なる例が少なく、断定的なことはいえないが、全体的には60°C粘度の高まるにつれてD.Sは大となる傾向と共に、同一60°C粘度のもの相互においては芳香族+レジン分に富むものの方がD.Sが大となる傾向もうかがわれる。すなわち、セミブローライングにより60°C粘度を高めることによる流動抵抗性改善への寄与は疑う余地が無いが、ブローラン化度（ゲル化度）が極端に進行し、飽和分とアスファルテンの相互溶解を促進する芳香族、レジン分が不足すると、アスファルト自体がいわば“ルーズ”な構造となるため、合材としては締め固めが困難であるのみならず、荷重により構造破壊を起こし易い。したがって骨材相互のかみ合せのずれを来たし易いアスファルトになると推定される。その極端な例が試料No.10であると考えられ、くり返し荷重による構造破壊の起り易さが疲労試験において、より顕著に表われているものであろう。

これらのことから、セミブローライングにより、ある程度60°C粘度を高めたアスファルトは、流動抵抗性、疲労抵抗性の両面で優れたものとなるが、ある最適な粘度水準、すなわち、最適なブローラン化度を越えて極端にゲル化したアスファルトは舗装材料として問題のある可能性があるといえよう。

なお、菅原らによれば、温度10°C、周波数10Hz、歪レベル 6×10^{-4} 一定という筆者らと同一の疲労試験条件下で、アスファルトのP.I.が増すにつれて疲労破壊回数も大となる関係があるとしており、⁽³⁾筆者らの結果と、一見異なる結果を示している。しかしながら、菅原らの場合、密粒度アスファルトコンクリートで試験

しており、筆者らのサンドアスファルトタイプと合材タイプを異にしていることに加え、菅原らの供試アスファルト中、特に高P.I.の試料は触媒ブローイング製品であることに注意する必要があろう。すなわち、リシン化合物等を添加してブローイングする、いわゆる触媒ブローイングにおいては、触媒のP.I.上昇効果により、無触媒に比して、はるかにブローイング化度の浅い状態で同一P.I.に達しうる。換言すれば、セミブローイング製品としての針入度範囲を同一とすると、触媒を使用する場合、相対的に芳香族分、レジン分に富む重質なセミブローン原料を使用することができ、かつ、芳香族分、レジン分のアスファルテン分への転化を主とするブローイング反応も浅い段階で製品が得られる。したがって、触媒添加セミブローイング品は無触媒セミブローイング品より、内部構造的に安定しており、くり返し曲げなどに対して強固であるものと考えられる。これらのことから、ここで得た結果は、菅原らの結果と本質的に矛盾するものではないと考えられる。

6.まとめ

耐流動用アスファルトとして注目をあびている高粘度セミブローンアスファルトの実用性能面の特性をWT試験、くり返し曲げ試験などの室内合材試験とアスファルトの物理的、化学的特性とを結びつけて検討した。この種、高粘度耐流動アスファルトが商業ベースで製造される場合には、使用されることのない極端な原料およびブローン化度による試作品をも含めた広範な試験での検討の結果、次の結論を得た。

- (1). セミブローイングによって60°Cの粘度を高めたアスファルトの耐流動性能は、極端にブローン化度の深い、ごく例外的なものを除いて60°Cの粘度と、ほぼ比例関係にある。
- (2). 適用したくり返し曲げ試験条件のもとでは、高粘度セミブローンアスファルト合材の疲労抵抗性は原アスファルトのP.I.と相関があり、供試した原油種、原料油によるセミブローンアスファルトに関してはP.I.値およそ+2.0まではストレートアスファルトに優る疲労抵抗性を示す。すなわち、疲労抵抗性は、P.I.の上昇につれて向上し、P.I.およそ0~+0.5で疲労破壊抵抗性が最大となる点があり、P.I.がこの範囲を越えて高くなると逆に低下の傾向を示し、P.I.値は+2.0附近でストレートアスファルトと同程度にまで低下する。
- (3). セミブローンアスファルトの疲労抵抗性とセミブローン原料の粘度、組成、更にはセミブローン

製品の組成との間に良い相関性が認められた。これらは、いずれもセミブローンアスファルトのブローン化度の深さおよびアスファルトの内部構造との関連において説明しうる。P.I.値の極端に高いセミブローンアスファルトのWT試験における特異な挙動も同様な観点から説明しうる。

これらの結果は、耐流動性を主眼として高粘度セミブローンアスファルトを指向する場合、他の実用性能、特に疲労破壊抵抗性に対して歯止めを置く必要のあることを示唆するものと考えられる。疲労試験自体、未だ未完成の試験であり、その結果の判断には慎重を期さねばならないが、本検討結果に基づき、疲労破壊抵抗性に対する歯止めの一つの試みとして、P.I.値を採り上げることを提唱したい。

すなわち、疲労試験結果との間に、ある程度の相関関係が認められ、しかも、測定、算出がくり返し曲げによる疲労試験とは比較にならぬほど容易なP.I.値をもって、高粘度セミブローンアスファルトの耐疲労性能を代表させうる可能性を今後の検討課題として示唆したい。

この場合、本検討結果によれば、現行ストレートアスファルトと同等以上の疲労抵抗性を確保するとの観点におけるP.I.値の目安は、最大+1.5以下ということになるが、その値の妥当性については、今後の多面的検討の結果を待ちたい。

なお、P.I.値、組成などと共に、薄膜加熱前後の60°C粘度比が異常値を示す試料は、耐疲労性能が劣る(試料No.9)ことを示唆する結果も得られているが、この点に関しては、データ数も少なく、明確ではない。ここでは60°C粘度比による異常サンプル摘出の可能性を示唆するに止める。

7.結 言

アスファルト合材の実用性能を室内実験により評価することは困難であり、ことに疲労抵抗性においては適用する試験条件によって、得られる結果は変化する。例えば、一定歪条件での試験と一定応力条件での試験では、全く逆の結果が得られるといわれ、その他、試験温度や合材のタイプによっても、結果は変動するなどから、試験方法自体が未完成で、解明の進んでいない分野といえる。⁽⁵⁾⁽⁶⁾したがって、ここで得られた結果についても、特に疲労抵抗性に関しては、きわめて限定された条件下での1つの試験結果として捉えるべきであろう。

本報では実験結果に基づき、疲労抵抗性をも加味した耐流動高粘度セミブローンアスファルトのあるべき

姿に対する一見解として P.I 範囲を最大 +1.5 以下とすべきことを提示したが、疲労抵抗性評価における上記の実情を考えれば、今後、一層の詳細な室内試験、更には実舗装における確認が不可欠で、これらの積み重ねにより、結論に誤まり無きを期する必要のあることが痛感される。

その意味で、今後の研究の進捗に期待すると共に、建設補助金特別研究として実施された高粘度耐流動アスファルトによる実舗装の今後の推移、並びに使用セミブローンアスファルトの諸性状と供用特性との関連性に関する解析結果が注目される。

なお、筆者らは、ことに合材試験に関しては未熟であり、試験方法、結果の解釈その他種々な面で問題点多々あるものと思われる。これらの諸点に対して、

諸兄の素直なご批判を賜われば幸いである。

〔引用文献〕

- (1). 重交通道路の舗装用アスファルトに関する文献
調査資料、(社)日本アスファルト協会
- (2). 重交通道路の舗装用アスファルトの研究報告書、
建設補助金研究特別委員会 (1978)
- (3). 菅原ら、土木学会論文報告書、第268号、P109
(1977年12月)
- (4). 飯島、アスファルト誌、14, No.80, P12, (1971)
- (5). L.E.SANTUCCI, R.J.SCHMIDT, A.A.P.T.,
38, 65 (1969)
- (6). J.A.EPPS, C.L.MONISMITH, ASTM STP
508, 19(1972)

第36回アスファルトゼミナール開催予告

開催月日 昭和53年11月17日(金) 10:00~16:30

開催場所 京都市・京都産業会館・シルクホール (定員760名)

1. 主催者挨拶	日本アスファルト協会会長	米倉 豊	10:00~10:10
2. 主催者挨拶	日本アスファルト協会名誉会長	谷藤 正三	10:10~10:30
3. 挨 拶	地元官庁		10:30~10:40
4. これからの道路整備の動向	建設省道路局		10:40~12:00
		(昼食休憩)	12:00~13:00
5. アスファルトの需給動向と流通～現状と問題点～	日本アスファルト協会調査委員会	石動谷英二	13:00~14:00
			(休憩10分間)

6. パネル・ディスカッション

最近の舗装材料・施工～わだち掘れ・ひびわれ等を中心に～

座 長 建 設 省

メンバー 建設省土木研究所・建設省地方建設局・道路・材料会社

受講料 3,000円

註；後日、改めて開催案内状を配布します。

昭和51年度流通経費

本協会調査委員会では、石油アスファルトの流通面における実態を明らかにするため、昭和51年度における輸送数量と経費について調査を行った。

この調査は、石油元売会社を対象としたため、海上輸送については、ほぼ全体をカバーしているが、陸上輸送は一部特約店扱い分が除かれている。

調査委員会では毎年この調査を行う予定である。

(昭和52年度は7月調査予定)

調査結果の概要は、下記の通りである。

	輸送数量 (千トン)	輸送総経費 (千円)
海上輸送	2,322	6,075,079
陸上輸送	2,587	7,154,701

歴史の重み

佐 藤 清

〈第26代目所長を拝命〉

約5年間にわたった建設省道路局企画課勤務のあと、今年の4月1日付で浜松工事事務所長を拝命した。私にとっての建設省での最初の勤務地は豊橋であり、約10年前には数年間静岡国道工事事務所に勤めたことがあるので、偶然このたび浜松勤務を命ぜられたことにより、東海道筋の隣接した3つの工事事務所勤務を体験できることとなった。約10年ピッチの3回目の現場勤務であるが、この10年間における事業執行上の大きな変革に目を見張っている今日この頃である。

ところで、浜松を中心とした遠州は、浜名湖の北で発見された三ヶ日原人の人骨が証明しているように、洪積世の末期、約2万年ほど前から開けた、日本文化発祥の地でもある。平安中期に浜松が「波万萬都」と呼ばれるようになり、鎌倉時代に入って東西交通路の発達に伴い、街道の宿場町「引馬」として発展してからでも、すでに800年近い歴史の歳月を刻んでいる。したがって、附近には歴史的名所・旧跡が多い。

浜松工事事務所の歴史も、また長い。昭和2年、内務省の天竜川改修事務所として当事務所が発足して以来すでに半世紀を経過している。天竜川の改修と歩みを共にしてきた事務所であり、私は初代から数えて第26代目所長になる。歴代所長の写真が会議室の壁に飾られており、先輩の元所長が暖かい眼差しで、われわれの仕事ぶりを眺めておられる。去る6月3日、浜松に工事事務所が設置されてから50周年の記念祝賀会が開催され、当事務所出身のOBの方々がたなど200人以上の関係者が集い、伝統ある工

事事務所の思い出話に花が咲いた。

現在、浜松工事事務所で所管している事業は、天竜川と菊川の二つの一級河川の改修と維持管理、国道1号線のうち島田から愛知県境まで82km区間の維持管理と磐田・掛川地区などにおけるバイパスの建設、浜松から飯田へ通じる国道152号線の調査、太平洋の荒波が押し寄せる遠州灘における海岸堤防の建設、さらに佐久間ダムの上流に位置する新豊根ダムの管理など、河川・道路・海岸・ダムの多岐な建設行政の分野にわたっている。

事務所の管内は歴史的に古い地域なので、河川にも、道路にも、そして生活を取り巻く周囲のいたるところに先人たちの偉大な足跡が残されており、公共事業を進めるにあたり、歴史の重みをひしひしと感じる。

〈暴れ天竜——改修の歴史〉

川の歴史を語ることは国の歴史を語るに等しく、古代にさかのぼらなければならない。天竜川も日本の歴史とともに変遷し、特にその下流部では流れを東へ西へと変えて、現在の位置を流れるようになったのは、室町時代になってからだといわれる。

堤防の築かれていなかった時代においては大水のたびに流域の村むらは洪水におそれたことであろうが、川を治める先人たちの努力はすでに6,700年前から始められていたと古文書などに記されている。徳川時代になると幕府の方針として天竜川の維持管理が定められ、普請役の代官所が現在の浜松市の北部、中の町というところに設けられた。

日本が近代国家への移行を始めた明治に入ても、

しばらくの間は地元篤志家による河川改修が行われてきたが、郷土浜松が生んだ偉人金原明善翁による天竜川改修の業績は、地域住民はもとより関係者の間に今日まで語り継がれてきている。このような民間人の献身的な大奮闘を受け継いで、明治17年から国の直轄事業としての天竜川改修がはじまつたのである。以来、河道の整理、連続堤の構築、護岸、水制、床固め等が施工されてきたが、明治44年8月の未曾有の大洪水により、改修計画が見直され、大正昭和の戦前時代の改修がなされた。

その後、戦後に始められた佐久間・秋葉など一連のダム開発、昭和30年代から40年代にかけての相次いだ大出水等を勘案して、昭和48年4月、天竜川水系の一貫した治水・利水計画が検討され、上流ダム群による $5,000\text{m}^3/\text{s}$ を見込んで、基準地点（鹿島地先）の基準高水流量は、 $19,000\text{m}^3/\text{s}$ と決定された。現在は、この計画に基づく改修がなされているのである。

このように天竜川の改修は長い歴史の積み重ねによってなされてきたものであり、古い堤防や水制あるいはコンクリートブロックの下に埋れている粗い沈床にも、川との闘いの跡がはっきりと残されている。

川を治めるとは川を知ることであり、それにはまず川の歴史を学ばなくてはと、痛感した次第である。

〈東海道のおもかげを残す国道1号沿線〉

国道1号線のうち、大井川東の島田市が藤枝市に接する地点から愛知県との県境汐見坂までの約80kmが直轄管理指定区間となっている。この区間の国道1号は、ほぼ江戸時代の東海道53次のルートに沿って走っており、いたるところで昔のおもかげを発見することができる。浜名湖の舞坂地区では、現在の国道1号に並行して東海道の松並木が立派に保存され、風格のある道路景観を形成している。

東海道は、古代の律令制のもとで、七道の一つに加えられ、近畿から東へ向かう幹線となってからその歴史が始まる。鎌倉時代に入り、東海道は、京都・鎌倉という二大政権所在地を結ぶ街道として、その

重要性を増した。江戸時代になると、当然江戸を中心とした道路制度が制定され、東海道は、五街道の中でも最重要幹線として指定された。東海道53次の宿駅のうち、現在の静岡県下の、伊豆、駿河、遠江の三國には全体の約4割にあたる22の宿が設けられた。浜松工事事務所の管内だけでも、島田、金谷、掛川、袋井、見附(磐田)、浜松、舞坂、荒井(新居)白須賀(湖西)の9つの宿駅があった。この区間の難所は、日本坂などの峠越えもさることながら、大河川の川越であったようだ。天竜川には渡船があったが、江戸を守る要害として大井川には橋も渡船もなく、水かさが増して川留めになると、旅人は島田と金谷の両宿に何日も滞留を余儀なくされた。当時、川越人足が渡河業務を行った川会所の跡が大井川の島田側に残っている。

浜名湖を渡った西側には、箱根と並んで有名な新居の関所があった。現国道1号から500mほどの距離である。関所の建物は、当時のままの姿で現在も保存されており、資料館に入ると江戸時代に連れ戻されたような錯覚さえおぼえる。

江戸から明治の時代に移っても、陸上交通対策としては鉄道の建設に重点が置かれ、大正、昭和の初期は一部を除いて自動車交通を主対象とするような道路改良は行われなかつたので、戦前の期間は東海道の大部分の区間が拡幅・舗装された程度で使用されてきたというのが実情である。昭和20年代の後半から30年代の半ばにかけて国道1号の一次改築が終わり、40年代後半から浜松バイパスなど遂次バイパス建設を進めて新しい国道1号への再生が図られている。

時代が移り変わり、東海道が国道1号となり、さらに何回かの改築がなされ、バイパスが建設されても、旧道は立派に生きている。東海道は裏道の生活道路として、旧国道1号は地域幹線の県道として、新しい機能を果たしている。沿道の一本の松、わずかな石垣にも、道路を造った人びとの意志が伝えられているような気がする。

川の場合と同じように、道路にも歴史が刻まれて

おり、流れをたどって上流にのぼるごとく、道の源泉をたどることができるのである。歴史ある国道1号の改築、維持管理に従事できることを感謝したい。

〈歴史に残る公共施設〉

川との闘いの中で、先人たちが築いた霞堤あるいは各種の護岸工事の姿を目にし、また、今では裏道となった東海道の松並木を眺めるとき、われわれが手かける堤防や道路などの公共施設は、歴史の中に残るものだということを強く感じる。

のことについて、私は強烈な印象を受けたことがある。今から十数年前、道路や橋の設計に従事しながら、スペインで約2年間生活していたときのことである。夏になるとほとんど水のなくなる、赤茶色の河原に架っている橋はほとんどが石造アーチであるが、現在の橋のすぐ横に、半分崩れ落ちた、同じようなタイプの旧い石造アーチが並んで、その姿を残している光景をいたるところで見受けた。赤い夕日に照し出されたこの旧橋の姿が実に美しいのである。人びとは新しい橋ができたからといって旧い橋を取り壊すようなことはしない。旧い橋は、橋としての役割を終わったあとでも、何世紀も風雨に耐え、その姿を自然の風景の一部として残しているのである。セゴビアの水道橋のように、ローマ時代の石造アーチがそのままの姿で残っている例もめずらしくはない。

よくヨーロッパ諸国の橋、道路あるいは他の公共施設は、日本のそれらに比べて美しいといわれるが、それにはスペインの橋の例で述べたような歴史的背景があり、設計者の頭の中には、彼の設計した公共施設は歴史に残るのだという確信があるからだろうと、私は思う。

わが国の経済が高度成長路線をまっしぐらに走っていたころ、公共施設の機能優先論あるいは耐用年限論が話題になったことがある。要するに、公共施設を整備する場合、まず耐用年数の目標を設定し、機能発揮を優先的に考え、一定年限が過ぎたあとはまた新しいものを造るという、アメリカ直輸入的な経済論である。限られた財源で過大な施設を造るべきでないことは当然であるが、社会資本整備において耐用年限論をあまり強調することには疑問を感じる。過去の公共施設の整備において、われわれは、この機能優先論の影響を受け、歴史に残る公共施設を造るという視点が欠けていたのではなかろうか、と反省させられる。

われわれの造る公共施設は、所期の目的を達したからといって直ちに取り壊されるケースは少なく、多くのものは、機能や役割は変わっても、引き続き活用されたり、保存されていく。例えば国道の機能が果たせなくなり、新しいバイパスができても、その国道は県道としての機能は十分果たせるであろうし、さらに新しい県道ができれば市町村道として、あるいは歩行者自転車専用道として生き残る。耐用年数がすぎて架け替えられた鉄道橋や廃線となった鉄道橋が自転車道の橋として生まれ代っている例は全国いたるところにある。また連続堤の完成により機能を全うした霞堤が公園の一部として生かされたり、公共的広場の一部として活用されている例もある。

このように公共施設は、未永く後世に残るものなので、醜い姿を歴史にさらさないよう、機能本位ばかりではなく、美的な面にも十分考慮が払われたものであってほしい。

東海道筋では比較的歴史の古い遠州の地、浜松での勤務を契機に、仕事と生活のうえで、歴史の重みを大切に考えていきたいと思っている。

(建設省浜松工事事務所長)

アスファルト舗装の構造設計における最近の動向(3)

阿 部 頼 政*

1.はじめに

前回までに述べてきたシェルの新設計法¹⁾において、構造設計の基本となる因子は、アスファルト層下面に生ずる引張歪と路床上面に生ずる圧縮歪であった。前者はクラックに対する規制、後者は路床の沈下に起因した永久変形(わだち掘れ)に対するものと解釈できる。

今回検討するのは、アスファルト混合物の流動によるわだち深さの計算法である。この方法はClaessenをはじめとする著者ら¹⁾もかなり詳しく付録に示しているが、基本となる式の成立過程が明らかにされていないのでその根拠をつくったHeukelom²⁾, Van de Loo⁴⁾らの論文から考察していくことにする。

2. 基本となる考え方

アスファルトのような粘弾性体に一定応力を与えた場合、その歪を、瞬間に生ずるもの(瞬間弾性)、遅れて生ずるもの(遅延弾性)、載荷時間に比例するもの(粘性流動)の三種にわけて考察する手法が一般に広く使用されている。Heukelom²⁾はアスファルトに関して以上の三種の歪を次のようにあらわした。

$$\varepsilon_e = \frac{\sigma}{E} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\varepsilon_d = \frac{\sigma}{D} \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$\varepsilon_v = \frac{\sigma t}{3\eta} \quad \dots\dots\dots(3)$$

ここに、
 ε_e : 瞬間弾性によって生ずる歪

ε_d : 遅延弾性によって生ずる歪

ε_v : 粘性流動によって生ずる歪

E : 瞬間弾性に対応した弾性係数で温度(T)

載荷時間(t)にかかわらず一定

D : 遅延弾性に対応した弾性係数で、Tやtに影響される。

η : 粘度(bulk viscosity)

σ : 与えた一定応力

これらの歪が独立に発生するものと仮定すれば、全体の歪 ε は次のようになる。

* 日本大学理工学部土木工学科助教授

$$\varepsilon = \varepsilon_e + \varepsilon_d + \varepsilon_v \quad \dots\dots\dots(4)$$

これよりさき、Van der Poelは、アスファルトのレオロジー的性質を表わす方法として、次の式で示されるスティッフネス S(Stiffness Modulus) の概念を提案した³⁾。

$$(S)_{t, T} = \left(\frac{\sigma}{\varepsilon}\right)_{t, T} \quad \dots\dots\dots(5)$$

サフィックスの t, T は、スティッフネスが主として載荷時間と温度に依存することを示すものである。

(4)の ε を(5)式に代入すると次の式が得られる。

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{E} + \frac{1}{D} + \frac{t}{3\eta} \quad \dots\dots\dots(6)$$

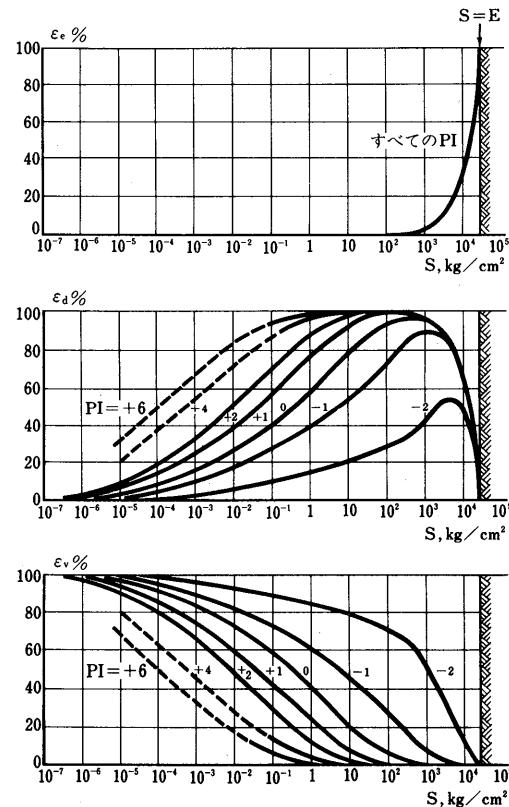


図-1 ε_e , ε_d , ε_v が全体を占める割合²⁾

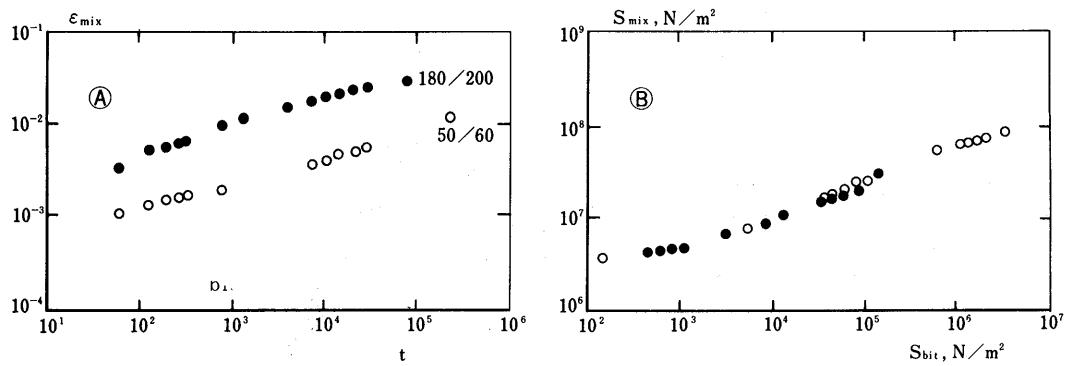


図-4 2種のアスファルトによるクリープ試験結果⁴⁾ ($\sigma=0.1\text{ MN/m}^2$, $T=10^\circ\text{C}$)

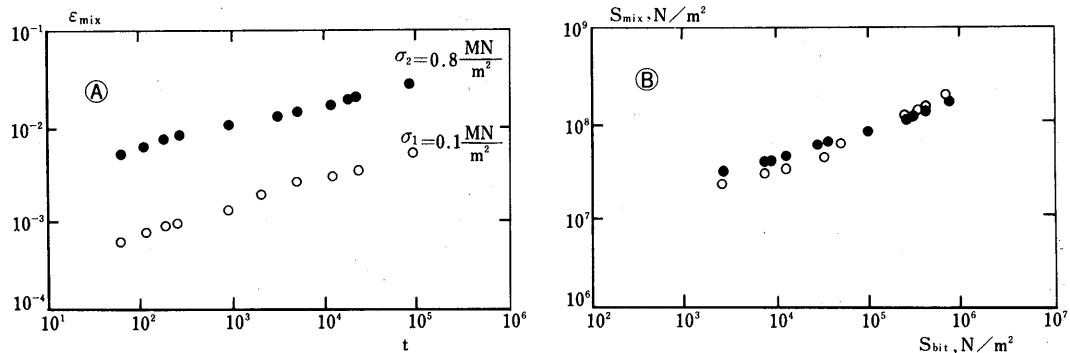


図-5 2種の応力を用いたクリープ試験結果⁴⁾ ($T=20^\circ\text{C}$)

3. 基礎実験とその成果

設計法にたどりつくまでの基礎実験は静的なクリープ試験(Creep Test)と動的なわだち掘れ試験(Rutting Test)である。この両者の実験結果をアスファルトのスティフネスを媒体として結びつけた点が本研究の特徴であろう。

(1) クリープ試験

この試験法に関する詳細は、Hills⁵⁾の論文に載っているが、ここではその結果だけを Van de Loo らの論文⁴⁾にしたがって考察していくことにする。

クリープ試験では一般に、アスファルト混合物の歪 ε_{mix} が載荷時間 t の関数として得られる。図-3Ⓐは、温度が異なる2つのクリープ試験結果を示したものであり、図-3Ⓑは、 S_{mix} と S_{bit} の関係にプロットしなおすと温度の影響が消去できることを示したものである。なお S_{bit} は Van der Poel のノモグラフから求めている。図-4、図-5は同様にして、アスファルトの種類、与えた応力が消去できることを示す。すなわち、クリープ試験においては、アスファルトのスティフネスが実験結果を左右する支配的因子であると結論できる。これは定性的にも容易に理解できよう。

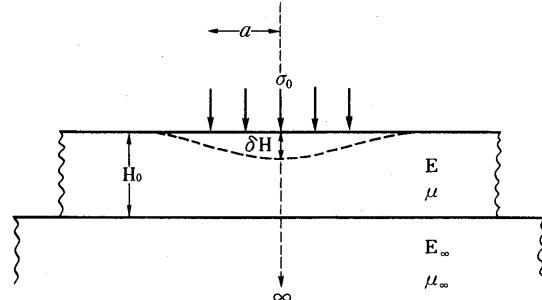


図-6 二層弾性体のモデル⁴⁾

(2) わだちぼれ試験

この試験は二つのタイプにわけられる。すなわち、CBR 17%に締固められた砂の上にアスファルト混合物を置いて荷重を走行させるもの（載荷方法は回転載荷型）と、スティールの上にアスファルト混合物を置いて荷重を往復走行させるもの（ホイールトラッキング型）である。

これらの構造のモデルとして、Van de Loo ら⁴⁾らは図-6のような二層弾性体を想定し、次のような手法で S_{mix} を求めている。

図-6における各量の中から無次元量 $\delta H/H_0$ と σ_0/E

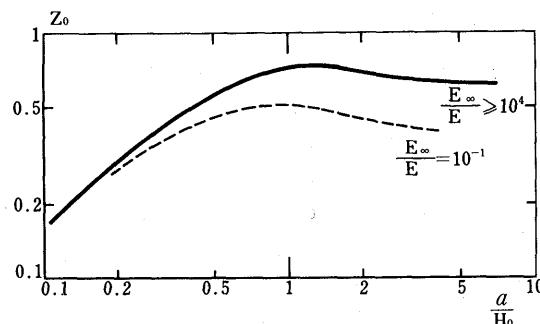


図-7 Z_0 と a/H_0 の関係 ($\mu = \mu_\infty = 0.35$)⁴⁾

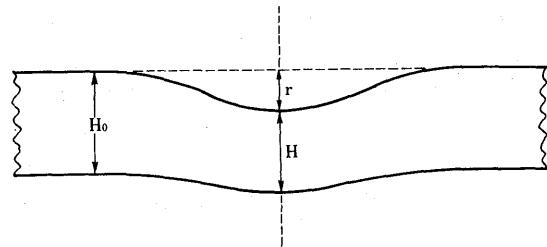


図-8 下層に粒状材を使用した場合の変形⁴⁾

をとりだし歪の比 Z_0 を次のように定義する。

$$Z_0 = \frac{\delta H / H_0}{\sigma_0 / E} \dots \dots \dots \text{(13)}$$

各層のポアソン比 μ , μ_∞ を固定すれば、 Z_0 は a/H_0 と E_∞/E の関数となる。

$$Z_0 = f\left(\frac{a}{H_0}, \frac{E_\infty}{E}\right) \dots \dots \text{(14)}$$

(14)式の各項に数値を代入し、BISTROで計算した結果が図-7である ($\mu = \mu_\infty = 0.35$)。ここで、 $E_\infty/E = 10^{-1}$ は砂層の上にアスファルト混合物を置いた実験、 $E_\infty/E = 10^4$ はスティールの上にアスファルト混合物を置いた実験に対応させる。

$\delta H = H_0 - H$, $E = S_{mix}$ と置きかえて(13)式に代入すれば、スティール上の実験として次の式が得られる。

$$S_{mix} = \frac{Z_0 \sigma_0}{(H_0 - H)/H_0} \dots \dots \text{(15)}$$

ここに $(H_0 - H) = r$ がわだち深さである。

砂層上にアスファルト混合物を置いた実験では、図-8のように砂層も変形を受ける。実験中の任意の段階において $(H_0 - H)$ が r に比例するすれば、

$$(H_0 - H) = K r \dots \dots \dots \text{(16)}$$

と書ける。Kは定数であり、実験終了後、 $(H_0 - H)/r$ として求めることができる。

(16)を(15)に代入すれば S_{mix} は次のように表示される。

$$S_{mix} = \frac{Z_0 \sigma_0}{K \cdot \frac{r}{H_0}} \dots \dots \text{(17)}$$

$S_{mix}, N/m^2$

混合物 E4		T, °C
○	クリープ	10, 20, 30
●	わだち掘れ	40, 60

S_{mix}	S_{bit}
クリープ	$\frac{\sigma}{\varepsilon_{mix}}$
わだち掘れ	$\frac{Z_0 \sigma_0}{K r / H_0}$

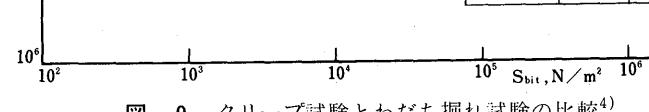


図-9 クリープ試験とわだち掘れ試験の比較⁴⁾

$S_{mix}, N/m^2$

混合物 A9		T, °C
△	クリープ	10, 30
▲	わだち掘れ	30

S_{mix}	S_{bit}
クリープ	$\frac{\sigma}{\varepsilon_{mix}}$
わだち掘れ	$\frac{Z_0 \sigma_0}{K r / H_0}$

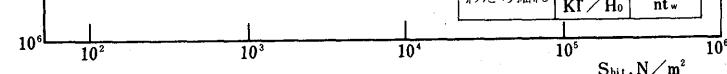


図-10 クリープ試験とわだち掘れ試験の比較⁴⁾

(3) 実験結果の比較

Van de Loo らはスティール、砂層それぞれの上にアスファルト混合物を置いて各種のわだち掘れ試験を行い、この試験と同様な供試体、応力を用いたクリープ試験の結果と比較している。図-9, 10 は、これらの代表的な例であるが、クリープ試験の結果は、 S_{mix} - S_{bit} の関係で示し、わだち掘れ試験の結果は、 S_{mix} -

$(S_{bit})v$ の関係で示した点に最も特徴がある。図から明らかなように、両者の傾向はほとんど同一である。これは、静的な試験であるクリープ試験と動的な試験であるわだち掘れ試験におけるアスファルト混合物内部の変形機構が同一であることを示すものと Van de Loo⁴⁾ は結論づけ、クリープ試験結果からわだち掘れ試験結果を予測するものとして、次の式を提案している。

$$(H_0 - H) \text{ calculated} = \frac{Z_0 \sigma_0 H_0}{(S_{mix})\text{creep}} \dots \dots \dots (18)$$

これまでの経過から明らかなように、 $(S_{mix})\text{creep}$ に対応する S_{bit} は、(12)式で計算される $(S_{bit})v$ と同じ値をとることになる。

クリープ試験から(18)式を使って予測した値とわだち掘れ試験結果を図-11、図-12に示す。砂層上に置いたアスファルト混合物のわだち深さは予測値のほぼ 1~2 倍の間にある。

以上に述べた(12)式、(18)式がわだち深さを求める基本式に発展することになる。

4. 設計法における永久変形の解析

Cleassenら¹⁾の論文にもどり、永久変形（ここではわだちぼれとほぼ同義とみなしてよい）の計算法を考察する。これは、構造設計の最終段階であり、前回までに説明した方法で設計された断面をここでチェックすることになっている。

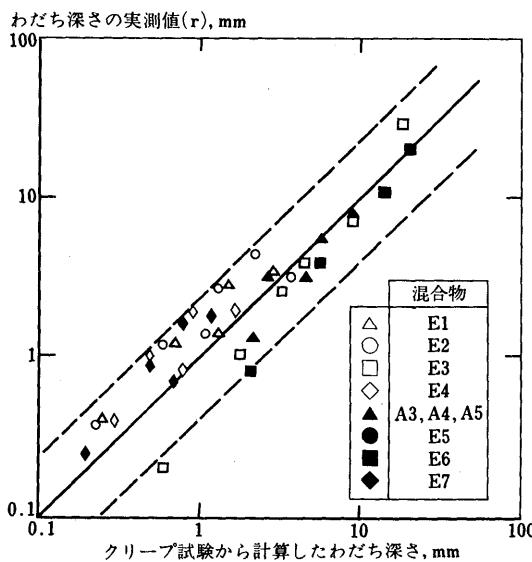


図-11 計算値と実測値の比較(スティール上)⁴⁾

(1) 基本的な考え方

候補にあがった断面のわだち深さを予測する際に、重要なインプットは、交通量と温度である。構造設計の場合、交通量は 80KN(一輪が20KN、接地圧 6×10^5 N/m² の複輪 2 組)の標準軸重に換算してあらわしたが、永久変形の計算では、わだちごとの合計輪数 (total number of wheels per rut) でとらえている。温度は言うまでもなく、アスファルトの粘度、さらに $(S_{bit})v$ 、 S_{bit} を求める際の基礎となるものである。

わだち深さの予測における基本的な考え方あるいは根本的な仮定とも言うべきものは、「アスファルト混合物の永久変形は、アスファルトのスティッフネスの粘性流動成分に関係がある」とするものである。この粘性流動成分は、次の式で与えられている。

$$(S_{bit})v = \frac{3}{\sum_{T,t} \left(\frac{Wt}{\eta} \right)} \dots \dots \dots (19)$$

ここに、 W : 通過輪数

t : 一輪の通過に要する時間 (この論文では 0.02 秒が使用されている。)

η : アスファルトの粘度, N/m²

(19)式は、(12)式と全く同一の形をしており、(12)式が基本になっていることは明らかであろう。ただ、(12)式は室内実験で定めたものであり、通過輪数やアスファルトの粘度は実験条件から容易に決定できるが、(19)式の W 、 η を決定するには、かなりの困難さがと

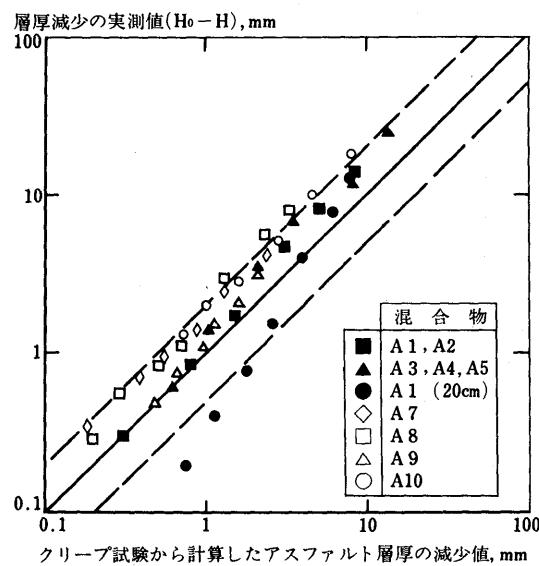


図-12 アスファルト層厚の減少—計算値と実測値の比較(砂層上)⁴⁾

もなう。すなわち、舗装供用期間中の交通荷重は複雑であり、また温度の変動（したがって粘度の変動）も定量的にとらえる必要があるからである。W, η を求める具体的な方法は次節以下に述べる。

(19)式で求めた(S_{bit}) v の値をクリープ試験におけるアスファルトのスティッフネス S_{bit} と等しくとり（この考え方の妥当性は図-9, 10にある），前回の図-4を利用すれば混合物のスティッフネス S_{mix} が求められる。

わだちばれに相当する層厚の減少（reduction in layer thickness）量 Δh_1 は、この S_{mix} の値を使用して次式から求める。⁶⁾

$$\Delta h_1 = C_M \cdot h_1 \frac{\sigma_{av}}{S_{mix}}, \text{ mm} \quad \dots \dots \dots (20)$$

ここに、 C_M ：修正係数、混合物によって異なり、その値は1~2であることが経験的にわかっている。

h_1 ：アスファルト層の設計厚、mm

σ_{av} ：走行荷重下における舗装内の平均応力、N/m²

$$\sigma_{av} = Z \cdot \sigma_0, \text{ N/m}^2 \quad \dots \dots \dots (21)$$

Zは後に示す。 σ_0 は接地圧で $6 \times 10^5 \text{ N/m}^2$

(20)式は(18)式とほとんど同じ形をしている。Zは Z_0 と同様に弾性係数の比や接地面積、層厚によって

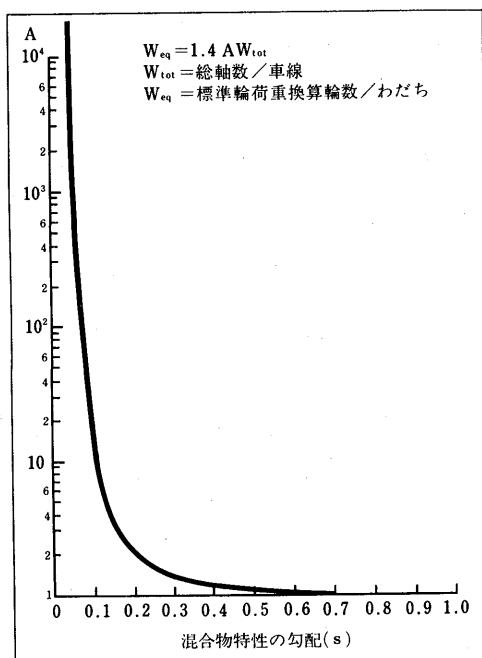


図-13 代表的な輪荷重分布におけるAの値¹⁾

異なる変数であるし、 σ_0 , H_0 , S_{mix} は、(18)式と同じ意味を持つ。 C_M は、静的試験から動的試験結果を予測するときの誤差項のようなもの（dynamic effect と記述してある）と考えればよかろう。

以上のように、わだち深さを求める基本式(19), (20)は Van de Loo らの研究⁴⁾に根拠を置いているのであるが、現実の舗装に適用するためには、さらに、W, η , σ_{av} 等を定量的に示す必要がある。以下、これらの求め方を簡単に紹介する。

(2) 交通荷重について

(19)式は、(12)式の応用であることからも明らかのように一定応力のもとにおける関係式である。現実の道路のように、輪荷重が複雑に変化する場合は、さらにその要素をとり入れなければならないが、その対策としては、Van de Looの研究⁷⁾をもとに、次の式が提案されている。

$$Weq = 1.4 W_{tot} \sum_{i=1}^k \left(\frac{\sigma_i}{\sigma_0} \right)^{1/s} \frac{n_i}{n_{tot}} \quad \dots \dots \dots (21)$$

ここに、

Weq ：標準輪荷重に換算した輪数

W_{tot} ：設計期間中の大型車軸数（輪荷重は種々のもの）

σ_i ：輪荷重 i クラスの接地圧、N/m²

σ_0 ：標準輪荷重の接地圧、 $6 \times 10^5 \text{ N/m}^2$

$\frac{n_i}{n_{tot}}$ ：輪荷重 i クラスの輪数の全数に対する比

s ：クリープ試験から定められた $\log S_{mix}$ - $\log S_{bit}$ 曲線の勾配 ($S_{bit} < 10^5 \text{ N/m}^2$)

(21)式から明らかなように、標準輪荷重への換算は、混合物のクリープ特性が基礎になっている。なお、著者らは de Henau⁸⁾ が測定した大型車の分布を代表的なものと見なしており、この場合には、(21)式のかわりに次式から Weq 値が求められる。

$$Weq = 1.4 \times A \times W_{tot} \quad \dots \dots \dots (22)$$

A : 図-13に示される値

(3) アスファルトの粘度について

(19)式に含まれているアスファルトの粘度 η は、アスファルトの種類と温度によって変化する。これらの関係は図-2に一応与えられているが、供用中の舗装を考えればアスファルトの粘度は、気温やアスファルト層の深さ等に影響されることは明らかである。この点に関する定量的な解析法は、Edwardsらの研究⁹⁾をもとに、次のような例で説明されている。

シエルの設計ではアスファルト層を2層としている

が、このうち上層の厚さ h_1 をさらに3層 ($h_{1.1} = 40\text{mm}$, $h_{1.2} = 40\text{mm}$, $h_{1.3}$ = 可変) に分割する。下層は温度変化があまりなく単一の混合物を使用することが多いので分割はしない。

1日6回(1, 5, 9, 13, 17, 21時)の温度測定データから各層の粘度を得て、これを次式により、日平均粘度("average" or "effective" viscosity over a period of one day) η_i とする。

$$\eta_i = \frac{1}{\frac{1}{6} \sum_{j=1}^6 \frac{1}{\eta_j}}, \text{Ns/m}^2 \cdots \cdots (23)$$

この日平均粘度を図-14のようにプロットすれば、12個の月平均温度(MMAT)に対応する12個の η_i が読みとれる。これを利用してさらに次式から年平均粘度 ($\eta_{eff, 1\text{year}}$) を求める。

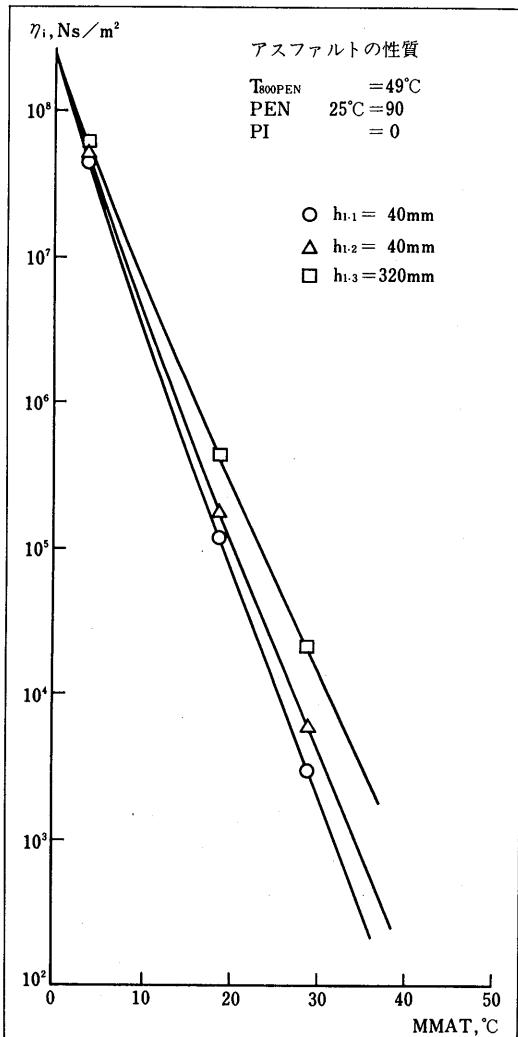


図-14 MMATと日平均粘度の関係¹⁾

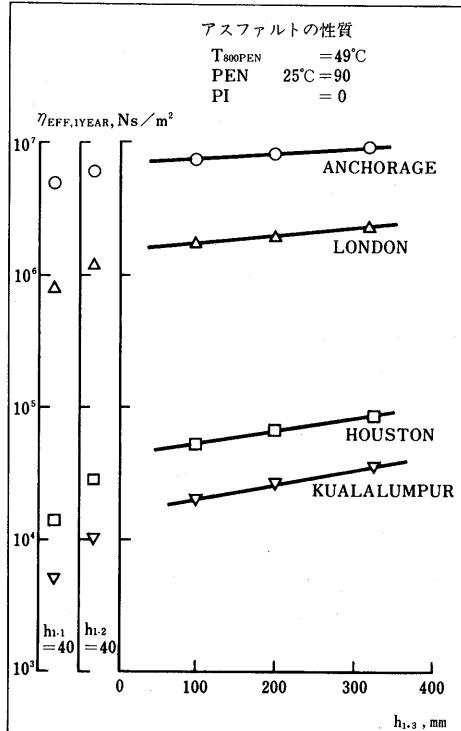


図-15 分割した各層の年平均粘度¹⁾

$$\eta_{eff, 1\text{year}} = \frac{1}{\frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} \frac{1}{\eta_i}} \text{Ns/m}^2 \cdots \cdots (24)$$

図-15は、4種の異なる気候を持つ場所に対して各層の年平均粘度を求めたもので、 $h_{1.1}$, $h_{1.2} = 40\text{mm}$ に対応する粘度は各1点定まり、 $h_{1.3}$ に対しては厚さの関数となっている。

以上のようにして求めた粘度 $\eta_{eff, 1\text{year}}$ が、(19)式の η として使用される。粘度を年平均としてあらわしたため、(19)式のWも年間の交通量とする必要がある。結局、(19)式は、(21)式(または(22)式)、(24)式から次のように書きかえることができる。

$$(Sbit)_v = \frac{3 \eta_{eff, 1\text{year}}}{B \times W_{eq, 1\text{year}} \times 0.02}, \text{N/m}^2 \cdots \cdots (25)$$

Bは設計年数である。この式により、温度、交通、アスファルトの性質がとり入れられたことになる。

(4) 分割された層の平均応力

本章の(1)で問題となったW, η , σ_{av} のうち、W, η は(25)式で解決された。残るは σ_{av} である。

アスファルト層の平均応力 σ_{av} は、非常に多くのパ

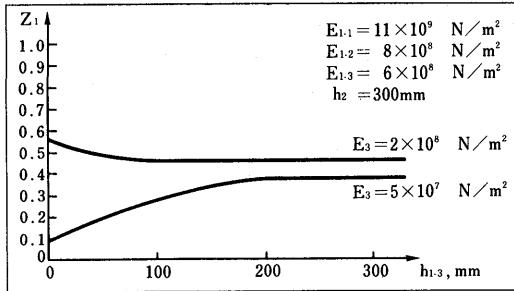


図-16 Z_1 と $h_{1,3}$ の関係¹⁾

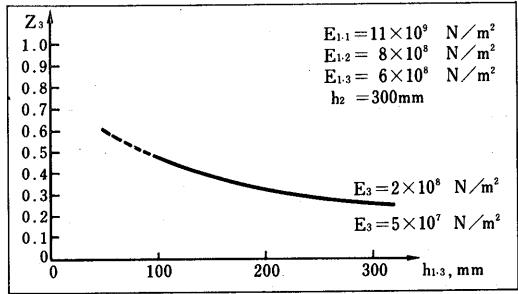


図-17 Z_3 と $h_{1,3}$ の関係¹⁾

ラメーターによって影響を受ける。すなわち、接地圧、接地半径、弾性定数、層厚等である。これに気温の影響を加えると組合せの数は、膨大なものになるが、著者らは接地半径105mm（標準輪荷重）、ポアソン比0.35、載荷時間0.02秒に統一し、(3)で分割したアスファルト層に対しBISARを用いて弾性計算を行ない、各種の数表を作成している。

(13), (21)式に対応する平均応力と接地圧の比は、次式で定義される。

$$Z_i = \frac{\delta_i/h_{i,i}}{\sigma_0/E_{i,i}} \left(= \frac{\delta_i/h_{i,i} E_{i,i}}{\sigma_0} = \frac{\sigma_{av,i}}{\sigma_0} \right) \dots (26)$$

ここに、

Z_i : 分割した i 番目の層の平均応力と接地圧の比

$h_{i,i}$: i 番目の層の厚さ, mm

$E_{i,i}$: i 番目の層の弾性係数, N/m²

δ_i : i 番目の層の変形量, mm

k 個の異なる粘度に対しては、次式が用いられる。

$$Z_{av} = \left(\frac{\sum_{i=1}^k Z_i^{1/s} \frac{1}{n_i}}{\sum_{i=1}^k \frac{1}{\eta_i}} \right) \dots (27)$$

ここに、

Z_{av} : 平均の Z 係数

Z_i : ある時刻の Z 係数

η_i : Z_i に応する時刻の粘度, Ns/m²

s : $\log S_{mix} - \log S_{bit}$ の勾配 ($S_{bit} < 10^5 \text{ N/m}^2$)

数多くの例について計算した結果から、著者らは、一日のうち最も暑い時刻の Z 係数を代表値にとれば近似度はかなり良いと述べている。これは、我々がもっているイメージと一致するのではなかろうか。すなわち、最も暑い時刻の粘度がわだち掘れの進展に寄与することを意味するからである。

図-16は、 Z_1 （分割第1層の Z 係数）が路床の弾性係数とアスファルト層の厚さによって変化する様子を示したものである。一般に路床の弾性係数が高い程 Z_1 は大きい。これは路床がかたい程、わだち掘れ（ただしアスファルト混合物の流動によるもの）がおきやすいと解釈してよからう。図-17は Z_3 と分割第3層の厚さおよび路床弾性係数との関係である。路床弾性係数による差はなく、アスファルト層が厚ければ厚いほど、 Z_3 は小さくなる。(20)式から見ると、わだち深さはアスファルト層厚に比例するような形になっているが、図-17のような関係もあり、アスファル

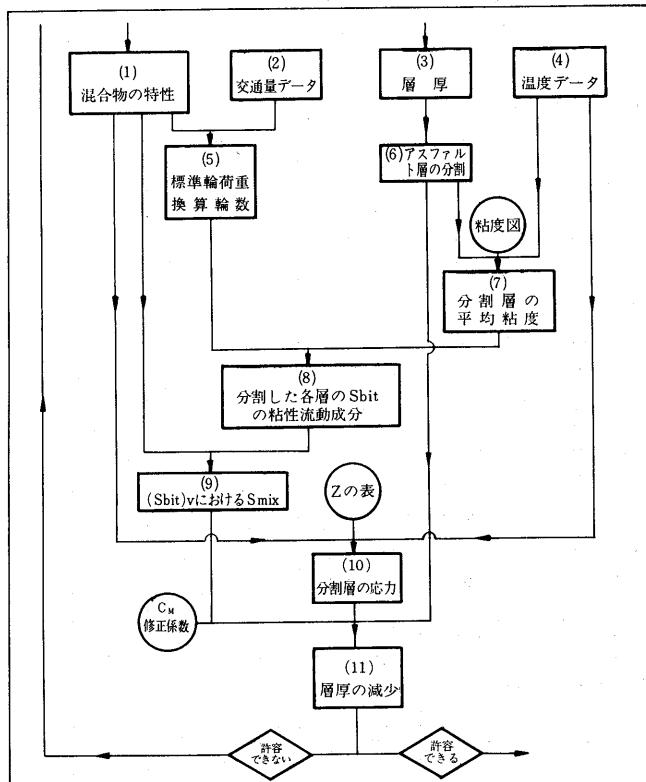


図-18 わだち深さを求めるフローチャート¹⁾

ト層が厚いからといってかならずしもわだち掘れが起きやすいとは言えないと言ふ者も述べている。

(5) 計算手順の概要

以上に述べた計算法で(20)式からわだち深さが予測できる。その手順は、図-18のフローチャートで明らかと思う。以下、前回設計した6断面(前回の表-6)¹⁰⁾につき、著者らが具体的な数字を用いて示した計算を要点だけ証出して参考に供したい。

まず、式(22)を用いて、年間の標準輪数を求める。

$$Weq, 1\text{ year} = 1.4 \times 365 \times 2000 \times A = 10^6 \times A$$

設計期間を15年、交通量の伸び率2%/yearとすれば、これを17.64倍する必要がある。表-1にS、A Weq, 1year, Weq, 15yearsの値を示した。次にアスファルト層を表-2のように分割する。図-15(Houston)を用いて年平均粘度 $\eta_{eff, 1\text{ year}}$ を求める。(25)式を用いて(Sbit)vを計算する。分割した層の Z_i の値は、別表¹¹⁾(この論文には示されていない)から求め、弹性係数は、前回¹⁰⁾の図-5, 6より求める。この場合温度はMMAT=28°C(最も暑い期間)とする。これから得たZの値を用いて各層の Δh_i を(20)式で計算するが、DACとDBMは $C_M=1.2$ 、LSAでは $C_M=2.0$ を使用する。以上の計算結果を表-2に示す。この計算結果では、舗装構造からもわだち掘れからも硬いアスファル

表-1 15年間の標準輪荷重換算輪数¹⁾

混合物	s	A	Weq, 1 year	Weq, 15 years
DAC	0.10	17.6	1.8×10^7	3.2×10^8
DBM	0.20	2.0	2.0×10^6	3.5×10^7
LSA	0.17	2.9	2.9×10^6	5.1×10^7

トの方が有利になっている。

5. あとがき

3回にわたってシエルの設計法を考察してきた。深く検討すればする程、その研究内容の豊富なことに驚く。ただ今回のわだち掘れに限ってみても、これをそのまま我が国にとり入れるにはかなりの無理があるかと思う。

しかし、定量的にわだち深さが何mmということではなく、バインダーの比較設計等に利用すれば有力な手段となろうか。最も参考にすべき点は、パラメーターのとらえ方を中心とした手法と思われる。

なお、本稿中著者らが引用した文献で筆者の手元になく、目を通せなかったものは文献番号に*印をつけて示した。

最後になったが、Manualを提供していただいたシエル石油に感謝の意を表したい。

表-2 層厚減少値の計算¹⁾

断面の種類	層厚 mm	混合物の種類	$\eta_{eff, 1\text{ year}}$ Ns/m ²	Sbit, visc N/m ²	Smix N/m ²	Z_i	Δh_i mm	Δh_{tot} mm
1	$h_{1,1} = 40$	DAC (80/100)	1.4×10^4	6.6×10^{-3}	1.6×10^6	0.65	12	99
	$h_{1,2} = 40$	DBM (80/100)	2.8×10^4	1.2×10^{-1}	8.5×10^5	0.67	23	
	$h_{1,3} = 280$	DBM (80/100)	7.7×10^4	3.3×10^{-1}	1.0×10^6	0.32	64	
	$h_2 = 0$							
2	$h_{1,1} = 40$	DAC (80/100)	1.4×10^4	6.6×10^{-3}	1.6×10^6	0.60	11	79
	$h_{1,2} = 40$	DBM (80/100)	2.8×10^4	1.2×10^{-1}	8.5×10^5	0.64	22	
	$h_{1,3} = 130$	DBM (80/100)	5.7×10^4	2.4×10^{-1}	9.6×10^5	0.47	46	
	$h_2 = 300$							
3	$h_{1,1} = 40$	DAC (80/100)	1.4×10^4	6.6×10^{-3}	1.6×10^6	0.63	11	69
	$h_{1,2} = 40$	DBM (40/60)	8.1×10^4	3.4×10^{-1}	1.05×10^6	0.60	16	
	$h_{1,3} = 200$	DBM (40/60)	2.6×10^5	1.1×10^0	1.3×10^6	0.38	42	
	$h_2 = 0$							
4	$h_{1,1} = 40$	DAC (80/100)	1.4×10^4	6.6×10^{-3}	1.6×10^6	0.59	11	57
	$h_{1,2} = 40$	DBM (40/60)	8.1×10^4	3.4×10^{-1}	1.05×10^6	0.56	15	
	$h_{1,3} = 100$	DBM (40/60)	2.2×10^5	9.4×10^{-1}	1.25×10^6	0.54	31	
	$h_2 = 300$							
5	$h_{1,1} = 40$	DAC (80/100)	1.4×10^4	6.6×10^{-3}	1.6×10^6	0.56	10	22
	$h_{1,2} = 40$	LSA (40/60)	8.1×10^4	2.4×10^{-1}	8.2×10^6	0.59	3	
	$h_{1,3} = 200$	LSA (40/60)	2.6×10^5	7.6×10^{-1}	9.8×10^6	0.38	9	
	$h_2 = 0$							
6	$h_{1,1} = 40$	DAC (80/100)	1.4×10^4	6.6×10^{-3}	1.6×10^6	0.59	11	20
	$h_{1,2} = 40$	LSA (40/60)	8.1×10^4	2.4×10^{-1}	8.2×10^6	0.55	3	
	$h_{1,3} = 100$	LSA (40/60)	2.2×10^5	6.4×10^{-1}	9.6×10^6	0.49	6	
	$h_2 = 300$							

参考文献

- 1) A. I. M. Claessen 他 "Asphalt Pavement Design ——The Shell Method", Proceedings of the Fourth International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements, University of Michigan, Vol 1, pp. 39, 1977
- 2) W. Heukelom, "Observations on the Rheology and Fracture of Bitumens and Asphalt Mixes" Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists" pp. 358, 1966
- 3) C. Van der Poel, "A General System Describing the Visco-elastic Properties of Bitumen and its Relation to Routine Test Data," Journal of Applied Chemistry, Vol 4, pp. 221, 1954
- 4) P. J. Van de Loo 他 "The Correlation of Rutting and Creep Tests on Asphalt Mixes," Journal of the Institute of Petroleum, Paper IP 74-001, 1974
- 5) J. F. Hills, "The Creep of Asphalt Mixes," Journal of the Institute of Petroleum, Vol 59, No.570, 1973
- 6) P. J. Van de Loo, "Creep Testing, A Simple Tool to judge Asphalt Mix Stability," Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists", Vol 43, pp. 253, 1974
- 7)* P. J. Van de Loo, "A Practical Approach to the Prediction of Rutting in Asphalt Pavements—The Shell Method," Transportation Research Board, Washington, 1976
- 8)* A. de Henau, "Véhicules et Circulation dans le Cadre du Dimensionnement des Chaussées," La Technique Routière, Vol 12, No.1, pp. 1, 1967
- 9) J. M. Edwards 他 "Structural Design of Asphalt Pavements for Road Vehicles - the Influence of High Temperatures," Highways and Road construction, 1974 (Reprint)
- 10) 阿部頼政「アスファルト舗装の構造設計における最近の動向(2)」アスファルト, Vol. 21 No.115, pp.38, 1978
- 11) "Shell Pavement Design Manual," Shell International Petroleum Company Limited, London, 1978

••••• 海外短信 •••••

"リサイクル" 現代の魔術的言葉

(Asphalt News, May 1978, 1, No. 2.)

アスファルト舗装のリサイクルに関して何が新しいか？基本的には何も新しいことはない。リサイクルの概念は少なくとも50年前からある。しかし、半世紀前には誰もそれを“リサイクル”とは呼ばず，“rework”, “salvage”ないし“reconstruct”などの言葉が使われた。

今日のエネルギー意識、コスト意識のもとに舗装の再利用は再び世界の関心を呼びはじめた。我々は今、これをリサイクルと呼ぶ。“リサイクル”は古い舗装から新しい舗装を作る本質的に経済的な方法である。

しかしながら、アスファルト舗装のリサイクルにはいくつかの方法のあることを知ることが重要である。Asphalt InstituteとAsphalt Pavement Associationは技術情報の交換における混乱を無くすため、リサイクルに関する用語を次のごとく統一することにした。

“リサイクリング”

すでに、その最初の意図した目的を達した物質に、通常あるプロセスを加えて再使用すること。

“ホットミックスリサイクリング”

場合によっては無処理の路床を含む現存の舗装構造の主要部を除去、移動し、くだいて、プラントでアスファルトを加え加熱混合する方法の一つ。このプロセスは新しい骨材及び／または軟化剤を添加する場合を含む。合材は加熱混合基層材、または表層材として使用する。

“コールドミックスリサイクリング”

場合によっては無処理の路床を含む舗装構造をその場で、または移動してプラントで処理する方法の1つである。コールドミックスして基層材とするか、表層材として用いる場合には混合時アスファルト及び／または軟化剤を加え強度を上げる。

“サーフェスリサイクリング”

アスファルト舗装の表層を削り、粉碎または加熱する方法の1つ。加熱する場合、大まかに粉碎し再混合して敷きならし、転圧する。更に望ましい混合物、表面状態とするためアスファルト、軟化剤、少量の新しいアスファルト加熱混合物、骨材またはこれらの複数を加えることもある。

最終製品は表層として使うか、また時には、その上を更に新しい表層材でオーバーレイする。

石油アスファルト絶対粘度試験方法について

日本アスファルト協会試験法分科会

1. 緒 言

日本アスファルト協会試験法分科会において、昭和52年6月からアスファルトの60°Cにおける絶対粘度の試験方法を検討し、照合試験の結果、試験方法がまとめたのでここに報告したい。

近年、我が国の道路破壊の主原因として、わだち掘れに対する関心が高まっている。

わだち掘れの原因をアスファルトの面から見た時、その流動性によるところが大であり、我が国路面最高供用温度とされている60°Cの粘度と相関性があると言われているが¹⁾アスファルトの60°C粘度測定法としては減圧毛管粘度計²⁾、共軸二重円筒粘度計³⁾、平行板型粘度計³⁾などによる方法があるが、我が国において試験法化されたものは無い。

そこで、本分科会では試験方法の簡便さ、精度等から考えて、現状において採用し得る可能性のある管理試験として減圧毛管粘度計に限定し、ASTM法(D2171-66)を基準にして試験法の制定を行った。

本試験法は日本アスファルト協会建設補助金特別委員会(重交通道路の舗装用アスファルトの研究)において検討されたセミブローンアスファルトの規格案に60°C粘度が採り入れられ、さらに同規格案が、本年6月に改訂されたアスファルト舗装要綱に採用されたことから、早急に試験方法を制定したものである。

2. 参加機関

本試験法の検討に参加した機関は次の通りである。

アジア石油横浜工場技術部
出光興産製造部
シェル石油技術研究所
昭和石油中央研究所
○大協石油四日市製油所
日本鉱業潤滑油製品研究所
○日本石油中央技術研究所
富士興産海南研究所
○丸善石油研究所
○三菱石油研究所 (○印は照合試験実施機関)

3. 照合試験方法の検討

簡便さ、精度、ASTM試験法としての実績等を考慮し、ASTM法(D2171-66)を基準とした。

照合試験実施にあたり、本試験法を粘度等級アスファルトを含む国内市販アスファルトに適用する場合に予想される問題点および照合試験における主要検討事項等を予め試験法分科会で検討し、その結果を踏まえて下記要領で照合試験を実施することとした。

〈準拠試験法〉

ASTM法(D2171-66)を基準とした。

〈ASTM法との相異点および理由〉

i) 使用粘度計

ASTM法には3種の粘度計が記載されているが、参加機関所有の粘度計はA.I.型のみであったところから、A.I.型のみに限定した。

ii) 試料の予熱温度

ASTM法では $135 \pm 5.5^{\circ}\text{C}$ となっているが、粘度等級アスファルトのような高粘度アスファルトを粘度計内に、泡の混入等の問題もなく注ぎ込める程度までの溶融がこの温度では困難と考え、 150°C および 170°C の2点にて実施することとした。

iii) 予熱する試料量

ASTM法では最低 20ml 以上となっているが、試料の過熱劣化を防ぐため 50ml 以上とした。

〈照合試験における主要検討事項〉

i) 非ニュートン流体の粘度値の決定法

本試験法の主たる適用対象が高粘度アスファルト

表-1 ストレートアスファルトの性状

針入度 (25°C)	68
軟化点 ($^{\circ}\text{C}$)	48.0
伸度 (cm), 15°C	100 ⁺
薄膜加熱後重量変化 (%)	-0.04
薄膜加熱後針入度 (%)	69.1
蒸発量重量変化 (%)	-0.01
蒸発後針入度 (%)	93.8
蒸発後針入度比 (%)	93.0

トである粘度等級アスファルトで、このアスファルトは60°Cで非ニュートン挙動を示すと予想されるところから、おもな検討項目とした。

- ii) 粘度計校正の精度
- iii) 粘度測定精度

4. 照合試験用試料

ストレートアスファルトとして60~80級を、粘度等級アスファルトとして建設補助金特別委員会の規格(案)相当品を用いた。ストレートアスファルトの性状を表-1に、粘度等級アスファルトの性状および規格(案)、舗装要綱記載の規格と若干異なる)を表-2に記す。

5. 照合試験結果

各機関での粘度測定結果を表-3に、粘度計定数測定結果を表-4に記す。

表-2 粘度等級アスファルトの性状及び規格(案)

	規格 AC-140	照合試験用 試料
粘 度 (P, 60°C) ^(注1)	14,000± 4,000	15,500
粘 度 (cSt, 180°C)	200以下	77
針 入 度 (25°C)	40以上	56
薄膜加熱重量変化 (%)	0.6以内	-0.06
三塩化エタン可溶分 (%)	99.0以上	99.4
引 火 点 (°C)	260以上	298
比 重 (25°C/25°C)	1,000以上	1,012

注1) 測定方法は JAA-001 による。

注2) 薄膜加熱後の60°C粘度を poise 単位で明示しなければならない。

注3) 140°C, 160°C, 180°Cにおける動粘度を CGS 単位で明示しなければならない。他の測定器によって測定して動粘度を算出した場合は、測定器の形式と換算式とを示さなければならない。

表-3 照合試験結果

a) ストレートアスファルト

予熱温度(°C)		150				170			
試験機関		A	B	C	D	A	B	C	D
一回目	粘度計番号 No.	100	100	100	100	100	100	100	100
	測定時間(秒)	38.5	43.1	35.6	51.2	38.6	45.2	36.0	50.8
	粘度(P)	1,390	1,580	1,380	1,540	1,390	1,650	1,390	1,530
	測定時間(秒)	79.5	85.0	80.2	100.9	79.8	85.8	82.5	100.2
	粘度(P)	1,390	1,540	1,370	1,530	1,400	1,550	1,410	1,520
	測定時間(秒)	121.4	126.0	127.4	152.0	123.0	129.4	129.4	151.2
二回目	粘度計番号 No.	100	100	100	100	100	100	100	100
	測定時間(秒)	43.0	44.0	36.4	50.2	43.1	48.3	36.3	49.8
	粘度(P)	1,390	1,610	1,410	1,560	1,390	1,760	1,410	1,550
	測定時間(秒)	88.2	88.4	82.0	97.1	88.5	90.2	83.2	99.0
	粘度(P)	1,390	1,600	1,400	1,490	1,400	1,630	1,420	1,510
	測定時間(秒)	134.1	131.6	130.6	148.5	134.9	132.2	131.7	150.1
三回目	粘度(P)	1,400	1,660	1,410	1,510	1,410	1,670	1,420	1,530

b) 粘度等級アスファルト

予熱温度(°C)		150				170			
試験機関		A	B	C	D	A	B	C	D
一回目	粘度計番号 No.	400	200	200	200	400	200	200	200
	測定時間(秒)	62.0	111.8	130.1	134.5	64.8	102.0	130.6	146.4
	粘度(P)	15,000	16,300	16,300	14,400	15,600	14,900	16,400	15,400
	測定時間(秒)	99.4	249.3	287.6	270.8	104.6	226.2	288.3	293.3
	粘度(P)	15,700	17,200	17,600	15,200	16,600	15,600	17,700	16,600
	測定時間(秒)	141.7	405.0	477.0	423.9	145.8	375.0	478.1	462.4
二回目	粘度(P)	16,400	18,500	18,800	16,300	16,800	17,100	18,900	17,800
	粘度計番号 No.	400	200	200	400	400	200	200	400
	測定時間(秒)	66.6	110.2	133.0	77.5	71.3	110.0	131.8	82.4
	粘度(P)	14,600	16,100	16,700	15,700	15,700	16,100	16,500	16,700
	測定時間(秒)	103.2	240.0	297.2	111.6	112.0	248.2	292.7	120.0
	粘度(P)	15,400	16,600	18,200	15,900	16,700	17,200	17,900	17,300
三回目	測定時間(秒)	141.9	398.4	492.0	147.0	145.8	401.0	486.4	158.0
	粘度(P)	16,100	18,200	19,400	16,200	17,000	18,300	19,200	17,500

6. 照合試験結果の検討

6-1 非ニュートン流体の粘度値決定法

図-1に各機関で実施した照合試験におけるせん断速度と粘度の関係を記す。せん断速度は次式により求めた。

$$\text{せん断速度 } (\text{sec}^{-1}) = \frac{4(L_2 - L_1)}{Rt}$$

ここで L_1 ; 毛細管最下部から下の標線までの長さ, cm

L_2 ; 毛細管最下部から上の標線までの長さ, cm

R ; 毛細管の半径, cm

t ; 液が下の標線から上の標線に上昇するのに要する時間, sec.

なお、各機関での使用粘度計の半径 R は不明であるので便宜上表-5の値を用いた。

図-1から、ストレートアスファルトは粘度のせん断速度依存性

表-4 粘度計定数測定結果

		1回目	2回目	平均	標準偏差	変動係数(%)	
粘 度 計 番 号	試 験 機 関 B	1対目 2対目 3対目	36.64 17.90 12.89	36.44 18.24 12.33	36.54 18.07 12.61	0.14 0.24 0.40	0.39 1.33 3.14
	試 験 機 関 D	1対目 2対目 3対目	30.03 15.14 9.899	30.06 15.10 9.973	30.05 15.12 9.936	0.02 0.28 0.05	0.07 0.19 0.53
	No. 100	1対目 2対目 3対目	31.08 15.25 10.17	31.05 15.34 10.19	31.07 15.30 10.18	0.02 0.06 0.01	0.68 0.42 0.14
	試 験 機 関 B	1対目 2対目 3対目	144.7 68.36 45.62	147.5 69.89 45.71	146.1 69.13 45.67	1.98 1.08 0.06	1.36 1.57 0.14
	No. 200	1対目 2対目 3対目	105.5 56.51 38.60	105.4 56.49 38.57	105.5 56.50 38.59	0.07 0.01 0.02	0.07 0.03 0.05
	試 験 機 関 D	1対目 2対目 3対目	107.3 56.00 38.53	106.5 56.00 38.22	106.9 56.00 38.38	0.57 0.00 0.22	0.53 0.00 0.57
	No. 400	1対目 2対目 3対目	203.4 143.1 109.8	201.6 141.2 110.0	202.5 142.2 109.9	1.27 1.34 0.14	0.63 0.95 0.13

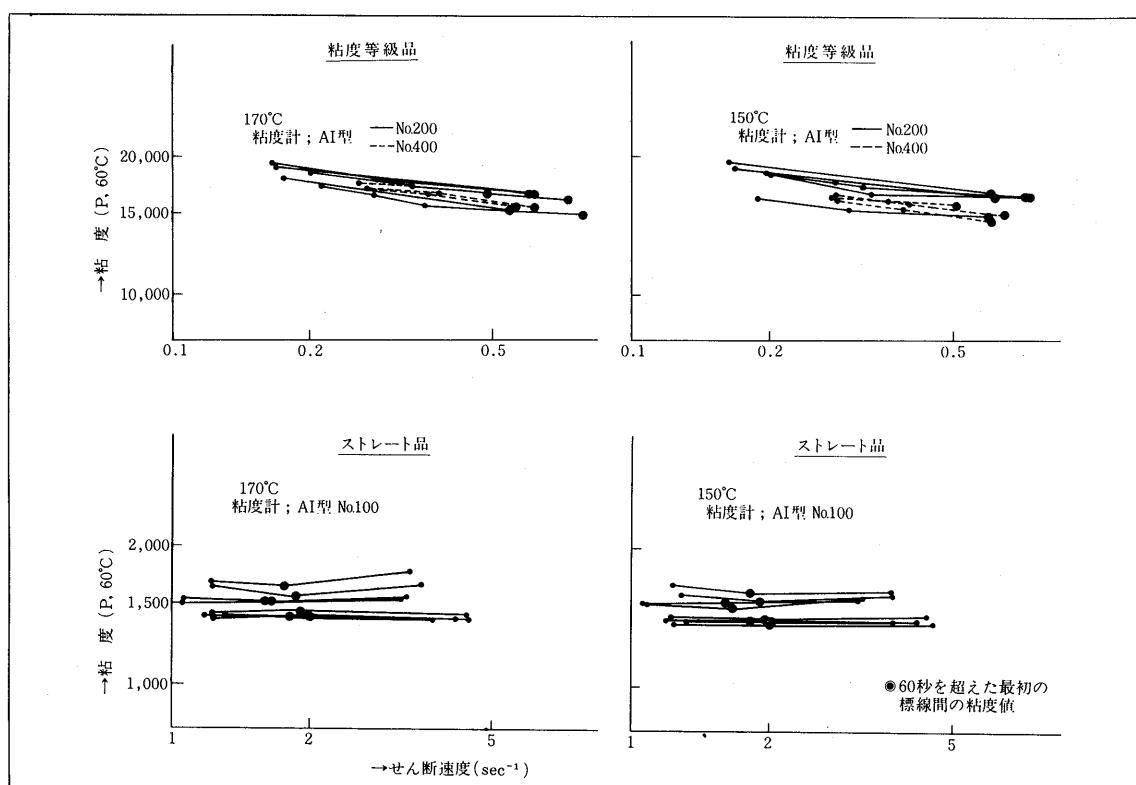


図-1 せん断速度と粘度の関係

が認められないが、粘度等級アスファルトはせん断速度の増加と共に粘度値の減少していることが認められる。

粘度等級アスファルトは高粘度であると共にセミブローイングによって作製するため、60°C付近では非ニュートン流体性の強い性質を持つものと考えられる。

A S T M法においては本来60°Cでニュートン流動を示すようなアスファルトを測定対象としているため、粘度値は単に標線間を通過するのに要した時間が60秒を超えた最初の秒数と粘度計定数から求めるとしている。

粘度等級アスファルトのように60°Cで非ニュートン流体性の強い性質を持つものの粘度をこのような方法で規定することは厳密には誤りであり、流动曲線（粘度一せん断速度関係）で粘性特性を示すか、もしくは便宜的にあるせん断速度を規定し、規定のせん断速度における粘度値を示す方が適当である。

しかしながら、前者の流动曲線表示は一定の粘度値としての規定ができず表示が繁雑となること、また、後者のせん断速度一定における粘度値の表示は測定対象にストレートアスファルトをも含めた場合、図-1に示されるように適用されるせん断速度領域が異なるため、ストレートアスファルト又は粘度等級アスファルトのいずれかは外挿値として求めるか、もしくはせん断速度を一致させるため粘度等級アスファルトを極端に細い径の粘度計で測定する等の方法を取らざるを得

表-6 A S T M法に準拠して求めた粘度
(単位; poise)

機 関	回 目	ストレートアスファルト			粘度等級アスファルト		
		150°C	170°C	全データ	150°C	170°C	全データ
A	1回目	1,390	1,400	—	15,000	15,600	—
	2回目	1,390	1,400	—	14,600	15,700	—
	平均	1,390	1,400	1,395	14,800	15,650	15,225
B	1回目	1,540	1,550	—	16,300	14,900	—
	2回目	1,600	1,630	—	16,100	16,100	—
	平均	1,570	1,590	1,580	16,200	15,500	15,850
C	1回目	1,370	1,410	—	16,300	16,400	—
	2回目	1,400	1,420	—	16,700	16,500	—
	平均	1,385	1,415	1,400	16,500	16,450	16,475
D	1回目	1,530	1,520	—	14,400	15,400	—
	2回目	1,490	1,510	—	15,700	16,700	—
	平均	1,510	1,515	1,513	15,050	16,050	15,550
くり返し性標準偏差		27.6	28.7	28.2	506	628	570
再現性標準偏差		93.5	91.6	86.5	911	616	751
データ棄却検定		○	○	○	○	○	○
F 検定	くり返し性	○	○	○	○	○	○
	再現性	×	○	○	○	○	○

注) ○; A S T M規定精度内、×; A S T M規定精度外

表-5 A.I型減圧毛管粘度計における粘度計番号、毛管の半径、概略の粘度計定数、測定粘度範囲

粘度計 番号 No.	毛管の 半径 (cm)	300mmHg 減圧下での概略 の粘度計定数 ¹⁾ (P/S)			測定粘度範囲 (P)
		測時球 B	測時球 C	測時球 D	
25	0.0125	2	1	0.7	42～800
50	0.025	8	4	3	180～3,200
100	0.050	32	16	10	600～12,800
200	0.100	128	64	40	2,400～52,000
400	0.200	500	250	160	9,600～200,000

注) 1) 正確な粘度計定数は5.の校正法に準じて決定する。

ない。したがって、前者、後者共測定に長時間を要し、別の意味での誤差を生じる可能性が強く、実際に適用することはまず不可能と思われる。

むしろ粘度等級アスファルトであっても、せん断速度依存性はわずかであることや、同一粘度水準のアスファルトであれば略同一せん断速度領域で測定することになると考えられることなどから、A S T M法に準拠するのが妥当と判断される。

表-6に、A S T M法に準拠して求めたストレートアスファルトおよび粘度等級アスファルトの粘度を記す。

6-2 試料予熱温度

照合試験時の予熱温度は150°Cと170°Cで実施したが、各予熱温度条件下で得られた結果を異なる試験法で求めた結果として検定したところ、両試料とも予熱温度の違いによる差は認められなかった。

表-2に示すとおり、粘度等級アスファルトの規格(案)に報告として薄膜加熱試験後の60°C粘度も掲げられており(本試験法検討時点において)、当然ながらその値は今回の試料より高粘度であると予想され、溶融の困難さを避けるため予熱温度は170°Cとするのが適当と考えられる。ただし、長時間の加熱は試料の劣化を招くことが予想されるので避けるべきである。

6-3 粘度計校正の精度

照合試験時に各機関で行なった標準粘度液による粘度計定数測定結果は表-4のとおりであるが、

A S T M 法に規定されている精度との比較では一点を除いて精度内に納まっており、A S T M 法規定の精度は維持できると見なされた。

6-4 測定精度

表-6 からストレートアスファルトおよび粘度等級アスファルトとも棄却データはなく、また、A S T M 法に規定されているくり返し精度及び再現精度は一点を除いて満足しており、A S T M 法規定の精度は維持できると見なされた。

6-5 その他の検討事項

i) 泡抜きのための放置温度および放置時間
ii) 60°C 恒温槽中の粘度計静置時間
i) および ii) 共 A S T M 法の規定通りで照合試験を実施したが、問題点はなかったので A S T M 法の規定通りとした。

7. 試験方法の決定

照合試験および結果の検討に基づき、試験方法を決定した。

8. 今後の課題

粘度等級アスファルトとして規格（案）化されているアスファルトは舗装用アスファルトとしては米国はもとより、いずれの国においても使用されていない新しい高粘度製品である。したがって、最重要管理項目である60°C 粘度測定に適用する試験法として、本試験は今後一層詳細な検討をおこなうことにより完全を期す必要があろう。（文責 秋原 博、事務局）

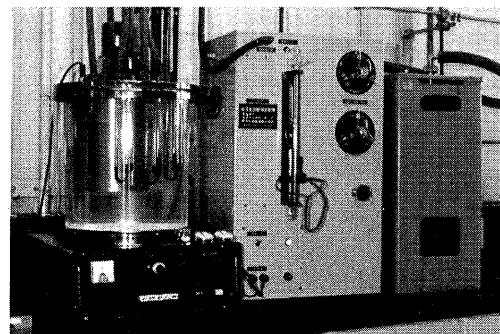
（参考文献）

- 1) 林 誠之；アスファルト，20, No.110, 32(1977)
- 2) A S T M D 2171-66
- 3) 川上 明；日石レビュー，19, No.3, 35(1977)

日本アスファルト協会試験方法 JAA-001-1978. 石油アスファルト絶対粘度試験方法

Testing Method for Absolute Viscosity of Asphalt

- | | |
|--------------|-----------------------|
| 1. 適用範囲 | 5-1-1. 粘度計校正用標準液による方法 |
| 2. 試験方法の概要 | 5-1-2. 標準減圧毛管粘度計による方法 |
| 3. 用語の意味 | 6. 試料の準備 |
| 3-1. 絶対粘度 | 7. 操作 |
| 3-2. ニュートン流体 | 8. 計算および報告 |
| 4. 装 置 | 9. 精 度 |
| 4-1. 粘度計 | 9-1. くり返し精度 |
| 4-2. 温度計 | 9-2. 再現性 |
| 4-3. 恒温そう | |
| 4-4. 減圧装置 | |
| 4-5. 秒時計 | |
| 5. 校 正 | |
| 5-1. 粘度計の校正 | |



中 中

アスファルト舗装要綱—昭和53年改訂版 7-6
特殊材料にセミブローンアスファルトの規格（表7-8）が掲載されております。表中に、

試験方法は、日本アスファルト協会試験法規格
JAA-001（石油アスファルト絶対粘度試験方法）
による

とあります。
別項のとおり、本協会では、昨年より専門部会において、照合試験を行い、試験法を制定致しました。
ご希望の方は、本協会までお申込み下さい。

実費領価 300円 送料 100円

申込先 東京都港区虎ノ門2丁目6番7号
TEL 03-502-3956

石油アスファルト高温動粘度(毛管法) 照合試験結果報告

日本アスファルト協会試験法分科会

1. まえがき

アスファルトの高温粘度はアスファルトの高温貯蔵時や輸送時の取り扱い、舗装用混合物を製造する際の混合温度あるいは舗装作業時の施工温度を管理する上で、きわめて重要な試験項目の一つである。アスファルトの高温粘度測定方法には、一般にセイボルトフロール粘度試験方法と毛管式動粘度試験方法があるが、セイボルトフロール粘度試験方法は精度に難点があるため、もっと精度の良い毛管式動粘度試験方法の標準化が強く要望されていた。本照合試験は「石油アスファルト高温動粘度試験方法(毛管法)」の原案を作成するにあたっての参考資料とするために、2-1に示す事項について行なったもので、結果の概要を報告する。

2. 照合試験

2-1. 目的

- (1). 測定精度の確認
- (2). 試験法上の問題点の確認

2-2. 参加機関および使用粘度計

試験法分科会関係会社、10測定所が参加した。

測定所 (五十音順)	使用粘度計 ^{注)}	
アジア石油	横浜工場	C.F.
出光興産㈱	中央研究所	C.F.
シェル石油㈱	中央研究所	BS/IP
昭和石油㈱	中央技術研究所	C.F.
大協石油㈱	四日市製油所	C.F.
日本石油㈱	中央技術研究所	C.F.
日本石油精製㈱	横浜製油所	C.F.
富士興産㈱	海南研究所	C.F.
三菱石油㈱	研究所	C.F.
丸善石油㈱	研究所	Z.C.

(注) C.F.……キャノン-フェンスケ不透明液粘度計
BS/IP…BS/IP逆流U字型粘度計

Z.C.……ツaitフッククロスアーム粘度計

2-3. 試 料

試料記号 試料の種類

- | | |
|---|--------------------|
| A | 60/80ストレートアスファルト |
| B | 150/200ストレートアスファルト |

D 粘度等級アスファルト

2-4. 照合試験方法

ASTM,¹⁾各社の意見などを参考として作成した原案に基づき、「照合試験実施要領」を作成し、これに基づいて実施した。(付録参照)

3. 結果および解析

- (1). 使用粘度計の状況は、キャノン-フェンスケ不透明液粘度計が8ヶ所、BS/IP逆流U字型粘度計が1ヶ所、ツaitフッククロスアーム粘度計が1ヶ所であったので、以下の解析はキャノン-フェンスケ不透明液粘度計の測定結果についてのみ行ない、他は測定結果のみを示した。
- (2). 全データを表-1-(1)～表-1-(4)に示した。
- (3). 解析は石油学会規格²⁾に基づいて行ない、解析条件は次のとおりである。
 - a). 飛び離れた結果の棄却検定は危険率1%で行なった。
 - b). 照合試験許容差の算出、分散比の検定(F検定)注)はいずれも95%確率とした。

(注) ASTM D 2170に規定されている「275°Fにおけるアスファルトの動粘度」の精度と比較した。

4. 解析結果

- (1). 解析結果を表-2に示した。
- (2). 繰り返し性精度
照合試験の繰り返し性許容差はASTMD 2170に規定されている繰り返し性許容差とほぼ同等の値が得られており、またF検定の結果、試料Aの160°Cと180°Cをのぞいてすべて有意差は認められないので、本試験方法の繰り返し性精度はASTMと同様の1.8%に規定しても差支えないものと思われる。
- (3). 再現性精度
照合試験の再現性許容差はASTMD 2170に規定されている再現性許容差よりも優れた値が得られており、またF検定の結果、すべて有意差は認められなかった。本試験方法の再現性精度はASTMと同様の1.8%に規定しても差支えないものと思われる。

7. 考察

7.1. 四塩化炭素可溶分

(1). 繰り返し性：4試料とも試験法規定精度と同等、もしくはそれ以上の良好な結果を示している。

(2). 再現性：4試料とも試験法規定精度以上の良好な結果を示している。

なお、繰り返し性でA-1(60/80ストレートアスファルト)、再現性でB-1(150/200ストレートアスファルト)について、それぞれひとつずつ測定所が試験法の規定許容差内に入っているにもかかわらず棄却されているが、これは他の試験所の結果が、より以上によいため統計的に棄却されたものであり、問題とはならない。

7.2. 三塩化エタン可溶分

(1). 繰り返し性および再現性：4試料とも試験法規定精度と同等である。ただし、再現性の検定は、前回の照合試験結果にもとづいて許容差(0.50)で行なった。以下にASTM許容差(0.26)で計算した結果を示す。

表-11 許容差0.26による再現性の検定

		試験法 規定許容差	照合試験許容差	F検定結果
四塩化炭素可溶分	A-1	0.26	0.207	○
	A-2	0.26	0.152	○
	B-1	0.26	0.202	○
	B-2	0.26	0.330	○
トリクロロエチレン可溶分	A-1	0.26	0.53	×
	A-2	0.26	0.39	○
	B-1	0.26	0.45	×
	B-2	0.26	0.65	×

7.3. 四塩化炭素法と三塩化エタン法の比較

4試料とも繰り返し性是有意差はないが、再現性については、有意差がある。平均値について比較すると4試料とも三塩化エタン法は四塩化炭素法よりも若干低い値を示しており、それらの差は「有意である」(差がないとはいえない)。

7.4. 試験状況について

試験状況からは結果と特に関係があると思われる点は見出せない。

7.5. 前回の照合試験結果との比較

繰り返し性、再現性とともに前回と同等の結果を示し、平均値も前回と同様に三塩化エタン法の方が若干低い値を示している。

試験状況については、試料のろ過時間を短縮した測定所が見受けられたが、特に測定値と関係があるとはいえない。

8. まとめ

2回にわたり実施した照合試験結果について、まとめるところ次のとおりである。

三塩化エタン法は四塩化炭素法に比べて

(1). 平均値

7試料中、6試料について「有意差あり」で、若干低い値を示す。

(2). 精度

繰り返し性については「有意差なし」だが、再現性については「有意差あり」で若干劣る。ということが判明した。

しかし当分科会としては、①安全、衛生面を重視する。②再現性は今後測定経験を積重ねれば向上が期待できる。③測定値が低い点はやむを得ないと判断して、三塩化エタンを採用することとし、付録III(42ページ参照)に示したJIS改正案を作成した。

9. 引用文献

- (1). A S T M D 2042-76 "Standard Method of Test for Solubility of Asphalt Materials in Trichloroethylene"
- (2). 石油学会規格 JPI-5R-69T「石油類試験法照合試験結果の精度計算方法」
- (3). 石油アスファルト軟化点(環球法)および四塩化炭素可溶分照合試験結果報告 アスファルト、第19巻、第106号

(文責 野沢義一)

付録：I

四塩化炭素および三塩化エタン可溶分照合試験実施要領

日本アスファルト協会試験法分科会

1. 目的

四塩化炭素の代りに三塩化エタンが使用できるかどうかを検討する。好結果が得られればJIS改正案の溶剤を変更する。

2. 試料

- A-1 60/80 ストレートアスファルト
- B-2 150/200 ストレートアスファルト
- C 20/30 ブローンアスファルト

3. 試験方法

JIS K 2534(改正案)による。ただし溶剤は四塩化炭素および三塩化エタンを用いる。

4. 試験上の注意

- (1) グラスファイバーフィルターぺーパーは、東洋漉紙(株) Cat·No·GB-100R (旧GB-100) 47mmφ, 最小保留粒子径 0.6 μm のものを用いる。
- (2) 三塩化エタンは、和光純薬工業株式会社品 (コード No-206-03705, 和光規格一級品, 500g入り) を用いる。
- (3) その他の事項は、JIS K 2534(改正案)に準じて行う。

5. 報告

添付の報告用紙に記入し、アスファルト協会宛、月 日までに報告する。

付録：II

四塩化炭素および三塩化エタン可溶分照合試験実施要領

日本アスファルト協会試験法分科会

1. 目的

前回の照合試験で三塩化エタン可溶分は、値が小さい。再現性が悪いなど、検討すべき点が見出されたので試料の原油系を変えて、再び照合試験を実施する。

2. 試料

- A-1 60/80 ストラス イラニアン
- A-2 80/100 ストラス アラビア
- B-1 150/200 ストラス イラニアン
- B-2 150/200 ストラス アラビア

3. 試験上の注意

- (1) グラスファイバーフィルターぺーパーは、東洋漉紙(株) Cat·No·GB 100R 47mmφ, 最小保留粒子径 0.6 μm のものを用いる。
- (2) 三塩化エタンは、和光純薬工業(株) コード No 206-03705, 和光規格 1 級品, 500g入りを用いる。

4. 報告

添付の報告用紙に記入し、アスファルト協会宛、月 日までに報告する。

付録：III

石油アスファルト三塩化エタン可溶分試験方法(改正案) JIS K 2534

Testing Method for Solubility of Petroleum Asphalt
in 1·1·1-Trichloroethane

1. 適用範囲

この規格は、石油アスファルトの三塩化エタン可溶分を測定する方法について規定する。

2. 試験方法の概要

試料を三塩化エタンに溶かし、グラスファイバーフィルターぺーパーを通してろ過する。不溶分を三塩化エタンで洗ったのち、乾燥し、ひょう量する。

3. 装置

3.1 グラスファイバーフィルターペーパー（以下フィルターという）直径47mm、最小保留粒子径0.6μmのもの。

3.2 ろ過装置 上部漏斗、フィルター保持台つき下部漏斗及び吸引びんからなる。フィルターは、上部漏斗とフィルター保持台つき下部漏斗の間にはさんで金属製クランプで止め固定する。

[備考] このろ過装置は、JIS K 2581〔航空タービン燃料油微粒きょう雜物試験方法(試験室ろ過法)〕に規定するろ過装置が適当である。

4. 試薬

三塩化エタン(1・1・1-トリクロルエタン) 市販の試薬級のもので安定剤を含まないもの。

5. 安全上の注意

三塩化エタンは、可燃性であるが、火気に対しては比較的安全である。人体に対してはその蒸気を長時間吸入すると有害（許容濃度 350 ppm）なので、蒸気の発散場所は局所または全般換気を行なう。また、誤って皮膚に付着した場合はすみやかに水で洗い落す。

6. 試料の準備

試料が固体の場合は、試料をその軟化点より110°C以下の温度で部分的に加熱しないようにして溶融し必要に応じてかきまぜて均一にする。

7. フィルターの準備

清浄なペトリざらにフィルターを入れ、ふたを少しづらして、105~110°Cの乾燥器中で30分間乾燥する。ペトリざらを乾燥器からとり出し、化学はかりの近くで、ペトリざらのふたを少しづらして、約30分間放冷したのち、ひょう量する。フィルターの恒量(±0.3 mg)が得られるまで乾燥、放冷、ひょう量を繰り返し(通常2~3回)、恒量になったらろ過装置に取り付ける。

8. 操作

(1) 試料約2gを三角フラスコ200mlにとり、0.001gまではかる。三角フラスコをたえず振りながら、室温で三塩化エタン100mlを少量ずつ加え、試料を溶かす。試料が溶けたのち、せんをして、少なくとも15分間放置する。

(2) 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す。三塩化エタン溶液を、傾斜法によって、ろ過装置の上部漏斗中に注意しながら流し込み、溶液がフィルターを通って滴下し、終るまで吸引の強さを加減しながら、徐々に吸引する。次に、少量の三塩化エタンで三角フラスコ200mlを洗いながら、不溶分を上部漏斗中に移す。この際必要に応じて、不溶分を完全に移すのにガラス製のかきまぜ棒などを用いるとよい。

(3) 上部漏斗内壁及びフィルターを、三塩化エタンを少量ずつ使って、ろ液が無色になるまで洗浄する。次に吸引をつづけたままで上部漏斗を取りはずし、フィルターの外縁部に着色した三塩化エタン溶液のしみ出しが認められる場合は、フィルターの縁から中心に向かって少量の三塩化エタンですぐ。この際、不溶分がフィルターの表面から外側に洗い落とされないよう注意する。

(4) 十分に吸引して三塩化エタンを除いたのち、フィルターを取り出してペトリざらに移し、7. フィルターの準備と同様にして、不溶分を含むフィルターの恒量を求める。

9. 計算および報告

三塩化エタン可溶分は次の式によって算出し、可溶分が99.00%以上の場合は0.01%まで、99.00%未満の場合は0.1%まで報告する。

$$A=100 - [(B/C) \times 100] \quad \left\{ \begin{array}{l} A: \text{三塩化エタン可溶分(%)} \\ B: \text{不溶分の量(g)} \\ C: \text{試料の量(g)} \end{array} \right.$$

10. 精度

精度は次の基準によって判定する。ただし、三塩化エタン可溶分が99%未満の試料は規定しない。

10.1 繰り返し精度；同一試験室において、同一人が日時を変えて同一試料を2回試験したとき、試験結果の差は0.10%を超えてはならない。

10.2 再現精度；任意の二試験室が同一試料をそれぞれ1回ずつ試験して求めた2個の試験結果の差は0.50%を超えてはならない。

引用規格：JIS K 2581-1972 [航空タービン燃料油微粒きょう雜物試験方法(試験室ろ過法)]

当面の石油アスファルト需給

政府の景気刺激策を背景に大型公共事業が鋭意推進されているが、その中で道路整備事業と密接な関係にある石油アスファルトの当面の需給動向を整理してみる。

◇ほぼ予想通りの需要実勢

53年度4月～6月の石油アスファルト需要実勢は表-2（通産省統計）の通りで、通産省見通しの昭和53年度石油アスファルト需給見通しにはほぼ近いペースで推移している。つまり全国的にみた限りでは、ほぼ予定通りの道路整備事業が推進されているとみなされる。すなわち、前年同期比1.17%増という高い伸び率は、早期発注に基づく施工の円滑化が大きく寄与しているものと考えられる。

次に7月～9月の見通しであるが、4月～6月がほぼ予想通りに推移したこと、又現在のところ特別の違った見方をする材料がないこと、などから結局通産省見通しに近いもので終始するのではないかと見られる。なお参考までに、最新の建設省（労働資材対策室）の主要建設資材時期別需要予測（7月3日付）では、7月～9月1,390千トン（前年同期比15.2%増）で通産省見通しと大差ない。

◇引続き必要な供給努力

上述の通り、4月～6月実勢で明らかなごとく、高い需要にも拘らず円滑な供給がフォロー出来たわけだが、これには次のような理由があげられる。

イ. 「臨時石油アスファルト需

給等対策会議」（通産省）における対策推進の効果

ロ. 石油各社の増産努力

ハ. その他関係方面的協力体制

さて、7月～9月の供給見通しであるが、結論からいって4月～6月に比し若干厳しい情勢が見込まれている。すなわち、

- (1). 原油処理レベルが4月～6月に比し低下する見通しであること。

- (2). 西日本地区を中心に異常渇水による電力用C重油の需要増が見込まれること。

などの理由で石油アスファルトの生産にマイナス要因を加えているからである。従って4月～6月にも増して、必要な供給努力が要請されている。

表-1 昭和53年度4～5月石油アスファルト需給総括表 (単位: t)

	月初在庫	生産	前年同月比	輸入	内需	前年同月比	輸出	月末在庫
4	ストレート	274,034	454,191	118.0%	10	430,792	109.5%	0
	工業用		28,743	142.6%		28,743	142.6%	
	ブローン	12,537	24,770	128.8%	0	23,958	111.7%	0
	合計	286,571	507,704	117.3%	10	483,493	111.1%	0
5	ストレート	296,573	429,551	131.9%	10	376,973	123.2%	0
	工業用		13,458	99.3%		13,458	99.3%	
	ブローン	14,659	25,718	105.8%	0	24,923	118.0%	78
	合計	311,232	468,727	128.9%	10	415,354	121.9%	78
(注) (1). 4月: 確報、5月: 速報 (2). 工業用ストレートアスファルト、ブローンアスファルトは日本アスファルト協会調べ。 (3). (合計) - (ブローン) + (工業用) = (ストレート)								

表-2 昭和53年度4～6月実勢

		ストレートアスファルト			ブローンアスファルト	アスファルト計
		一般用	工業用	小計		
需 要 想 定Ⓐ	4～6	1,202	54	1,256	71	1,327
実 势	4	431	28	459	24	483
	5	377	13	390	25	415
	6	369	17	386	23	409
	Ⓑ 4～6	1,177	58	1,235	72	1,307
(前年同期比)		(117.7)	(118.4)	(117.7)	(112.5)	(117.4)
増 減 Ⓐ-Ⓑ		△25	4	△21	1	△20

(注) (1). 需要想定4～6月及び実勢6月の数値は、資源エネルギー庁53年4月発表の昭和53～57年度石油アスファルト内需見通しより、過去3ヶ年のパターンで月別品種別に振りに想定した。

(2). 実勢4月、5月は、石油製品需給統計速報による。ただし、工業用ブローンアスファルトは、アスファルト協会調べによる。

表-3 昭和53~57年度石油アスファルト需給見通し(総括表)

(単位:10³トン)

項目 年 度	供 給				需 要				
	期初在庫	生 産	輸 入	合 計	内 需(対前年度比)	輸 出	小 計	期末在庫	合 計
48	198	5,167	27	5,392	5,146(109.2)	11	5,157	226	5,383
49	226	4,571	16	4,813	4,586(89.1)	29	4,615	182	4,797
50	182	4,086	0	4,268	4,016(87.6)	13	4,029	236	4,265
51 上 期 計	236	2,104	0	2,340	2,042(99.2)	18	2,060	266	2,326
下 期 計	266	2,050	0	2,316	2,058(105.2)	4	2,062	256	2,318
52 上 期 計	256	2,284	0	2,540	2,320(113.6)	0	2,320	227	2,547
下 期 計	227	2,473	0	2,700	2,432(118.2)	0	2,432	268	2,700
53 上 期 計	268	2,731	0	2,999	2,731(117.7)	0	2,731	268	2,999
下 期 計	268	2,713	0	2,981	2,707(111.3)	0	2,707	274	2,981
54	274	5,560	0	5,834	5,554(102.1)	0	5,554	280	5,834
55	280	5,675	0	5,955	5,670(102.1)	0	5,670	285	5,955
56	285	5,794	0	6,079	5,788(102.1)	0	5,788	291	6,079
57	291	5,912	0	6,203	5,906(102.0)	0	5,906	297	6,203

(注) 1. 52年度上期まで実績、下期実勢であり、ロスその他でバランスしない。

2. 53年度以降の見通し

(1). 内需 道路事業費等を用い想定

(2). 輸出入 各社計画等により算定

(3). 期末在庫 在庫バターンから算定

表-4 昭和53~57年度石油アスファルト内需見通し(品種別明細)

(単位:10³トン, %)

項目 年 度	内 需 量			構 成 比				対 前 年 度 比							
	ストレート・アスファルト 一般用 工業用 計	ブロー ン・アス ファルト 一般用 工業用 計	合 計												
48	4,648	148	4,796	350	5,146	90.3	2.9	93.2	6.8	100.0	106.9	308.3	109.1	111.1	109.2
49	4,209	136	4,345	241	4,586	91.8	3.0	94.8	5.2	100.0	90.6	91.9	90.6	68.9	89.1
50	3,576	189	3,765	251	4,016	89.0	4.7	93.7	6.3	100.0	85.0	139.0	86.7	104.1	87.6
51 上 期 計	1,825	93	1,918	124	2,042	89.4	4.6	93.9	6.1	100.0	97.6	120.8	98.5	110.7	99.2
下 期 計	1,802	116	1,918	140	2,058	87.6	5.6	93.2	6.8	100.0	105.6	103.6	105.5	100.7	105.2
52 上 期 計	2,076	113	2,189	131	2,320	89.5	4.9	94.4	5.6	100.0	113.8	121.5	114.1	105.7	113.6
下 期 計	2,157	118	2,275	157	2,432	88.7	4.8	93.5	6.5	100.0	119.7	101.7	118.6	112.1	118.2
53 上 期 計	2,474	114	2,588	143	2,731	90.6	4.2	94.8	5.2	100.0	119.2	100.9	118.2	109.2	117.7
下 期 計	2,425	120	2,545	162	2,707	89.6	4.4	94.0	6.0	100.0	112.4	101.7	111.9	103.2	111.3
54	4,977	254	5,231	323	5,554	89.6	4.6	94.2	5.8	100.0	101.6	108.6	101.9	105.9	102.1
55	5,055	274	5,329	341	5,670	89.2	4.8	94.0	6.0	100.0	101.6	107.9	101.9	105.6	102.1
56	5,136	294	5,430	358	5,788	88.7	5.1	93.8	6.2	100.0	101.6	107.3	101.9	105.0	102.1
57	5,216	314	5,530	376	5,906	88.3	5.3	93.6	6.4	100.0	101.6	106.8	101.8	105.0	102.0

石油学会製品部会討論会開催案内

●開催日時	昭和53年9月28日(木) 9:00~17:30 29日(金) 9:00~17:40	9月29日(金)
●開催場所	発明会館講堂 (東京都港区虎の門2-9-14 TEL03-502-0511)	[研究発表] 司会 林 誠之(日本石油) 9:00~9:30 改質アスファルトの物性について 脇阪三郎(東亜道路工業)
●参加費	2日間の場合 正会員 6,000円 維持会員 8,000円 学生会員 1,000円 非会員 12,000円 1日間の場合 正会員 4,000円 維持会員 6,000円 学生会員 500円 非会員 8,000円	9:30~10:00 アスファルトの熱劣化について 今村 敏英(富士興産) 10:00~10:30 アスファルテンの化学構造について 中島 豊比古(日本大学)
●懇親会	日時 9月28日(木) 18:00~20:00 場所 霞山会館 会費 4,000円	[講演] 10:30~11:30 アスファルト舗装の破壊形態とその原因 について 阿部 賴政(日本大学) [研究発表] 司会 山岡道彦(ユカ・インダストリーズ) 11:30~12:00 電気絶縁油の可視ガス発生電圧について 向井 貞喜(日新電機)
9月28日(木)		12:00~12:30 誘電特性から見た絶縁油の酸化劣化 石井 敏次(三菱電機)
		12:30~13:10 休憩
		[講演] 13:10~14:10 絶縁油 JIS規格改訂について 増永 緑(日本石油)
		[講演] 司会 黒岩 勝(東亜燃料工業)
		14:10~15:10 Development of a Viscosity Classification System Based on Engine Performance R.L. Stambaugh (Rohm & Hass)
		15:10~16:10 潤滑油と燃費について 大坪勝治(トヨタ自動車工業)
		[研究発表]
		16:10~16:40 The Benefits of Multigraded Heavy Duty Diesel Engine Oils A. A. Schetelick (Exxon Chemical Co)
		16:40~17:10 Dispersant Type Olefin Copolymer D. E. Reed (Texaco)
		17:10~17:40 Gear Oils or Axle Protection and Fuel Efficiency P. J. Sheahan, Lf Schiemann, En ÖConnor (Lubrizol)
●問い合わせ先	〒100 東京都千代田区丸の内3-4-2 (日石ビル内)	
		社団法人 石油学会
		電話 03(211) 4500・4508・4509

重交通道路の舗装用アスファルトの研究

B5版・65ページ・実費頒価 700円(後払い不可)

アスファルト舗装要綱 53年版 7-6 特殊材料にセミブローンアスファルトの規格が掲載されております。本研究レポートは、この規格を制定するまでの実験研究をとりまとめたものです。

目 次

1. 概 要	4-2-3. 混合物の性状
2. 研究の目的	4-2-4. 施 工
3. 研究の方法と経過	4-2-5. アンケート調査
4. 研究内容とその結果	4-2-6. ま と め
4-1. 室内実験による検討	5. 結 論
4-1-1. 実験要領	6. あとがき
4-1-2. 市販アスファルトの60°C粘度	付 錄
4-1-3. アスファルトの試作	(1). セミブローンアスファルトによる舗装工事特記仕様書
4-1-4. 混合物試験	(2). アスファルト舗装表面の観察記録表
4-2. 現場施工による検討	(3). セミブローンアスファルト舗装工事アンケート調査表
4-2-1. 実施要領	
4-2-2. 使用アスファルト	

申込先 〒105 東京都港区虎ノ門2-6-7・日本アスファルト協会

『アスファルト・ポケットブック』1978年版

ポケットブック版・表紙ビニール製・本文85ページ・実費頒価 1部400円(送料実費は申込者負担)

主な 内 容

- 石油アスファルトの生産実績
- 石油アスファルトの需要推移
- 石油アスファルトの需要見通し
- 石油アスファルトの製造及び流通
- 石油アスファルトの生産場所及び油槽所
- 石油アスファルトの製造原油
- 石油アスファルトの品質規格
- 石油アスファルトの用途
- 石油アスファルトの価格
- 道路投資額と石油アスファルト需要
- 昭和52年度の道路予算
- 道路の現況
- 道路整備5ヵ年計画
- 参考資料
- 石油供給計画
- O E C D諸国のアスファルト需給
- 主要諸国の道路事情
- データーシート
- 住 所 錄
- 会員名簿
- 関連官庁・関連団体

『アスファルト』第100号記念号をおわけしております

座談会・協会の歩み

アスファルト舗装と共に

谷 藤 正 三	本協会名誉会長
高 橋 国一郎	建設事務次官(発行当時)
井 上 孝	建設省道路局長(発行当時)
南 部 勇	本協会初代会長
有 福 武 治	シェル石油技術研究部長

アスファルトとその利用 —20年の変遷と将来—

▷アスファルト

- 需給・流通の推移と現状
- 品質・規格・試験

アスファルト舗装の補修の変遷と今後
アスファルト乳剤舗装・特殊工法

▷土木・その他

- アスファルトの水利構造物への利用
- 農林省におけるアスファルトの工学的利用
- スラブ軌道とアスファルト
- 空港へのアスファルトの利用
- 建築関係のアスファルトの利用
- 砂漠開発アスファルトバリアの利用
- アスファルトの工業への利用
- 国際的にみたアスファルトの利用状況

▷アスファルト舗装

- アスファルト舗装の設計の変遷
- アスファルト混合物試験
- アスファルト舗装の施工
- アスファルト舗装の施工機械

〈隨想〉 釣魚大全 吾嬬東二郎

パネルディスカッション 今後の舗装の動向について

領価 B5判 130ページ ￥共 1,000円 《切手にても可、あと払いはご遠慮下さい》

申込先 〒105 東京都港区虎ノ門2-6-7・日本アスファルト協会

別冊「アスファルト」をおわけしております

☆領価 各号とも500円(郵便切手にても可) ☆ハガキ(あと払い)のお申込みはご遠慮下さい。

別冊 No.21 昭和49年11月発行 (第27回アスファルト セミナー)	舗装の設計におけるアスファルト混合物の活用 アスファルト系材料の問題点 アスファルト乳剤の活用とその実例	藤 井 治 芳 昆 布 谷 竹 郎 額 田 積
別冊 No.23 昭和51年7月発行 (第31回アスファルト セミナー)	今後の道路整備と舗装技術の動向 山梨県の道路現況と展望 歴青路面処理の試験舗装追跡調査報告 市町村道舗装と農林道舗装の施工について	坂 上 義 次 郎 中 本 正 則 太 田 健 二 物 部 幸 保
別冊 No.24 昭和51年12月発行 (第32回アスファルト セミナー)	北海道の開発の現状と展望 最近の石油事情とアスファルト アスファルト舗装要綱・維持修繕要綱の改訂と 最近の舗装技術の動向について 積雪寒冷地舗装の最近の問題点について	高 杉 譲 和 夫 浦 井 治 芳 藤 久 保 宏
別冊 No.26 昭和53年3月発行 (第34回アスファルト セミナー)	第8次道路整備5ヵ年計画について 石油アスファルトの需給動向と流通について 舗装材料について 耐流動用に開発された粘度等級アスファルトについて 軽交通道路の舗装—歴青路面処理工法について	渡 迂 修 自 石 勤 谷 英 二 萩 原 浩 行 林 野 誠 之 川 敏 行

社団法人 日本アスファルト協会会員

社名	住所	電話
〔メーカー〕		
アジア石油株式会社	(100) 東京都千代田区内幸町2-1-1	03(506)5649
大協石油株式会社	(104) 東京都中央区八重洲5-1-1	03(274)5211
エッソスタンダード石油株式会社	(107) 東京都港区赤坂5-3-3	03(584)6211
富士興産株式会社	(100) 東京都千代田区永田町2-4-3	03(580)3571
富士興産アスファルト株式会社	(100) 東京都千代田区永田町2-4-3	03(580)0721
富士石油株式会社	(100) 東京都千代田区大手町1-2-3	03(211)6531
出光興産株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内3-1-1	03(213)3111
鹿島石油株式会社	(102) 東京都千代田区紀尾井町3	03(265)0411
興亜石油株式会社	(100) 東京都千代田区大手町2-6-2	03(270)7651
共同石油株式会社	(100) 東京都千代田区永田町2-11-2	03(580)3711
極東石油工業株式会社	(100) 東京都千代田区大手町1-7-2	03(270)0841
丸善石油株式会社	(100) 東京都千代田区大手町1-5-3	03(213)6111
三菱石油株式会社	(105) 東京都港区虎ノ門1-2-4	03(501)3311
モービル石油株式会社	(100) 東京都千代田区大手町1-7-2	03(244)4359
日本鉱業株式会社	(107) 東京都港区虎ノ門2-10-1	03(582)2111
日本石油株式会社	(105) 東京都港区西新橋1-3-12	03(502)1111
日本石油精製株式会社	(105) 東京都港区西新橋1-3-12	03(502)1111
三共油化工業株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内1-4-2	03(284)1911
西部石油株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内1-2-1	03(216)6781
シェル石油株式会社	(100) 東京都千代田区霞が関3-2-5	03(580)0111
昭和石油株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内2-7-3	03(231)0311
昭和四日市石油株式会社	(100) 東京都千代田区有楽町1-11	03(211)1411
東亜燃料工業株式会社	(100) 東京都千代田区一ツ橋1-1-1	03(213)2211
東北石油株式会社	(983) 宮城県仙台市中野字高松238	02236(5)8141

社団法人 日本アスファルト協会会員

社名	住所	電話	
〔ディーラー〕			
● 北海道			
アサヒレキセイ(株)札幌支店	(060) 札幌市中央区大通西10-4	011 (281) 3906	大 協
中西瀝青(株) 札幌出張所	(060) 札幌市中央区北2条西2	011 (231) 2895	日 石
(株) 南部商会札幌出張所	(060) 札幌市中央区北2条西2-15	011 (231) 7587	日 石
株式会社 口一ド資材	(060) 札幌市中央区北1条西10-1-11	011 (281) 3976	丸 善
(株) 沢田商行 北海道出張所	(060) 札幌市中央区北2条西3	011 (221) 5861	丸 善
東光商事(株) 札幌営業所	(060) 札幌市中央区北2条西4	011 (261) 7957	三 石
(株) トーアス札幌営業所	(060) 札幌市中央区北2条西2	011 (281) 2361	共 石
鳴井石油株式会社	(060) 札幌市中央区北5条西21-411	011 (643) 6111	丸 善
● 東北			
アサヒレキセイ(株)仙台支店	(980) 宮城県仙台市中央3-3-3	0222 (66) 1101	大 協
株式会社 亀井商店	(980-91) 宮城県仙台市国分町3-1-18	0222 (64) 6077	日 石
宮城石油販売株式会社	(980) 宮城県仙台市東7番丁102	0222 (57) 1231	三 石
中西瀝青(株) 仙台営業所	(980) 宮城県仙台市中央2-1-30	0222 (23) 4866	日 石
(株) 南部商会仙台出張所	(980) 宮城県仙台市中央2-1-17	0222 (23) 1011	日 石
有限会社 男鹿興業社	(010-05) 秋田県男鹿市船川港船川字化世沢178	01852 (4) 3293	共 石
菱油販売(株) 仙台支店	(980) 宮城県仙台市国分町3-1-1	0222 (25) 1491	三 石
正興産業(株) 仙台営業所	(980) 宮城県仙台市国分町3-3-3	0222 (63) 0679	三 石
竹中産業(株) 新潟営業所	(950) 新潟市東大通1-4-2	0252 (46) 2770	シェル
常盤商事(株) 仙台支店	(980) 宮城県仙台市上杉1-8-19	0222 (24) 1151	三 石
● 関東			
アサヒレキセイ株式会社	(104) 東京都中央区八丁堀3-3-5	03 (551) 8011	大 協
アスファルト産業株式会社	(104) 東京都中央区八丁堀4-4-13	03 (553) 3001	シェル
富士鉱油株式会社	(105) 東京都港区新橋4-26-5	03 (432) 2891	丸 善
富士石油販売株式会社	(103) 東京都中央区日本橋2-13-12	03 (274) 2061	共 石
富士油業(株) 東京支店	(106) 東京都港区西麻布1-8-7	03 (478) 3501	富士アス
伊藤忠燃料株式会社	(160) 東京都新宿区新宿3-4-7	03 (347) 3961	共 石
関東アスファルト株式会社	(336) 浦和市岸町4-26-19	0488 (22) 0161	シェル
株式会社 木畑商會	(104) 東京都中央区八丁堀4-2-2	03 (552) 3191	共 石
国光商事株式会社	(165) 東京都中野区東中野1-7-1	03 (363) 8231	出 光
極東資材株式会社	(105) 東京都港区新橋2-3-5	03 (504) 1528	三 石
丸紅石油株式会社	(102) 東京都千代田区九段北1-13-5	03 (230) 1152	モービル
三菱商事株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内2-6-3	03 (210) 6290	三 石
三井物産石油販売株式会社	(100) 東京都千代田区内幸町2-1-1	03 (504) 2271	極東石
中西瀝青株式会社	(103) 東京都中央区八重洲1-2-1	03 (272) 3471	日 石
株式会社 南部商会	(100) 東京都千代田区丸の内3-4-2	03 (212) 3021	日 石
日東石油販売株式会社	(104) 東京都中央区新川2-8-3	03 (551) 6101	シェル
日東商事株式会社	(170) 東京都豊島区巣鴨3-39-4	03 (915) 7151	昭 石
瀝青販売株式会社	(103) 東京都中央区日本橋2-16-3	03 (271) 7691	出 光
菱東石油販売株式会社	(101) 東京都千代田区外神田6-15-11	03 (833) 0611	三 石
菱洋通商株式会社	(104) 東京都中央区銀座4-2-14	03 (564) 1321	三 石
菱油販売株式会社	(160) 東京都新宿区西新宿1-20-2	03 (348) 6241	三 石
三徳商事(株) 東京営業所	(101) 東京都千代田区岩本町1-3-7	03 (861) 5455	昭 石

