

アスファルトの化学組成が物理的諸性状に及ぼす影響について

道路研究室長 技官 小山 道 義
応用理化学研究室長 村 木 義 男
道路研究室副室長 河 野 文 弘
応用理化学研究室 竹 村 健

I ま え が き

従来舗装用アスファルトの性状はほとんどが、物理的性質を測定することで評価されてきたが、実用性能について考えると、多くの場合その化学的性質の無視できないことが判り、最近ではレオロジカルな性質と組成との関連を求める研究が活発に行なわれるようになってきた。

土木試験所においてもこの点を究明するために、昭和33年度から各種原油基別アスファルトの化学的組成と、物理的諸性状とを関連づける実験的研究を行なってきた。その得られた知見の2~3をここに報告する。

元来アスファルトは、種々の化合物からなる複雑な混合物であるが、その物理的性質との関連を得るための段階として、本実験では分子量および極性などにもとづき、アスファルテン分、飽和成分、芳香族成分、レジン分の4つの群に分けた。また寒地向きアスファルトとして問題になっている固形パラフィンの含有による物理的性状の変化に関しても2~3の実験を行なつた。

II 実 験

i) 材 料: 試験に供したアスファルトは土木試験所が昭和33年度に実施した上長都試験道路に用いたもの、および実際現場から規格試験を依頼された2~3の原油基名不明のアスファルトである。試験道路に用いたアスファルトは原油基別で7種類(ナフテン基3種類、中間基1種類、パラフィン基3種類)に分けられ、そのうちナフテン基1つは針入度級で4つに区別されている。

ii) 物理試験: この実験では物理試験として(1)針入度試験(2)軟化点試験(3)伸度試験(4)加熱時間による針入度変化の測定には、蒸発後の針入度試験をJIS規格にもとづいて行なつた。(5)アスファルトの熱劣化による化学組成変化を調べるための劣化方法は、直径6cm、高さ1cmの容器に、厚さ3mmになるようにアスファルトを入れ、空気槽中で、165°Cで1~5時間加熱し、その後とり出して前述の化学組成分析を行なつた。(6)ア

スファルトの比容積の測定は、市販のゲーリサックのピクノメーター(50 c.c.)を用いて測定した。(7)安定度試験は Engineering Manual によるマーシャル試験法に準じて行ない、配合割合はアスファルト12、石粉12、砂76で、アスファルト種類を変えて行なつた。

iii) 化学分析: 化学組成分析法は次のようである。アスファルト2gr前後を正確に評量し、これを約100 c.c.のn-ヘキサンで溶解する。十分にアスファルトが溶解したならばこの溶液を遠心分離器(3,000 r.p.m. × 60min)にかけ、n-ヘキサンに不溶のアスファルテン分を沈澱させる。この沈澱物をベンゼンでチューブから洗い出し、蒸発皿に移してベンゼンを蒸発させる。よく乾燥させた後秤量し、この量をもつてアスファルテン分とする。次にn-ヘキサン溶解分をクロマト用活性アルミナゲル50grを径1.8cm、長さ40cmのガラス管に充填し、n-ヘキサン溶解分を流下後、石油エーテル300 c.c.をもつて溶出を行なう。溶出液は蒸発皿に移し、溶媒を蒸発させ十分に乾燥させた後秤量し、この量をもつて飽和成分とする。これにつづいてベンゼン溶出を同様に行ない、ベンゼン脱着分を芳香族成分とする。またレジン分は、以上のように求めたアスファルテン分、飽和成分、および芳香族成分の和をアスファルト全量から差引いたものとした。

以上の試験は3回行ない、その平均値をそれぞれの値とした。図-1はクロマト装置の略図である。

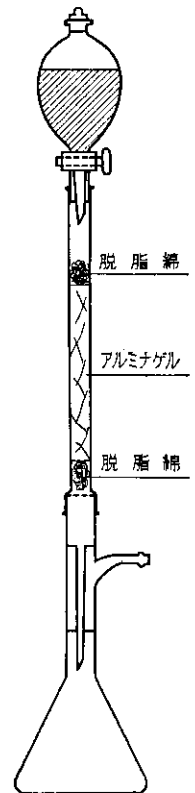


図-1
クロマト装置

III 結果および考察

i) アスファルトの化学成分と蒸発後の針入度減少との関係: 蒸発度の針入度は、アスファルトを加熱した

表-1 各種アスファルトの物理的, 化学的性質

原油基別 記号	ナフテン基			中間基	パラフィン基			依頼試験					
	Sn	Wn	Ku	W	Ar	I	Kr	A	B	C	D	E	
比重 (25/25°C)	1.01	1.01	1.01	1.02	1.01	1.01	1.01	—	—	—	—	—	
針入度 (25°C)	142	148	143	138	162	141	133	141	135	135	159	144	
伸度	5°C (cm)	100<	27	11	100<	16	33	16	100<	100<	100<	9.5	31
	10°C (cm)	—	100<	100<	—	68	100<	100<	—	—	—	—	—
引火点 (°C)	237	267	281	293	278	283	325	—	—	—	—	—	
蒸発量 (%)	0.12	0.18	0.36	0.08	—	0.08	1.26	—	—	—	—	—	
原針入度に対する (%)	89	82	73	90	77	92	80	—	—	—	—	—	
蒸発後の針入度軟化点 (°C)	35	38	36.5	37	35	38.5	36	—	—	—	—	39.5	
化学成分	アスファルテン分 (%)	6.5	4.3	9.1	4.7	14.4	8.6	18.1	4.1	5.7	6.8	13.6	16.1
	飽和成分 (%)	37.6	23.2	34.3	20.0	26.0	17.8	14.0	—	—	—	—	—
	芳香族成分 (%)	34.8	39.2	40.1	58.4	40.0	50.7	56.5	—	—	—	—	—
	レジン分 (%)	21.1	33.3	16.5	16.9	20.0	22.9	11.4	—	—	—	—	—

際にアスファルトが硬くなる度合を表示するもので“加熱に対する安定性”なるものの一つの傾向を示すものである。これはアスファルト舗装の耐久性の一指針となり得るものと考えられる。本実験の結果によれば、蒸発後の針入度の原針入度に対する割合とその化学成分との間には、実験誤差範囲内で、同一針入度級のアスファルトについては、図-2 にみられるように、芳香族成分とレチ

ii) アスファルトの劣化にともなう化学組成の変化：上述のアスファルトの劣化を化学組成の変化の点から調べてみると、アスファルテン分は加熱時間と共に増加し、レジン分がこれと対称的に減少している。飽和成分、芳香族成分については、ほとんど加熱による変化は認められない。その結果は表-2 のとおりである。

表-2

成分 時間	アスファル テン分	飽和成分	芳香族成分	レジン分
0	4.7	17.4	35.7	42.2
1	12.6	22.8	43.9	21.3
2	11.5	19.8	35.5	33.2
3	15.8	20.0	35.5	28.7
4	19.9	21.1	35.3	23.7
5	26.6	20.4	35.4	17.6

加熱温度・165°C 試料厚さ・3 mm (単位・%)

このことは加熱および老化の過程に生ずるアスファルトの物理性状におよぼす支配的なものは、揮発性成分の蒸発と、レジン分がアスファルテン分になる過程とみることができる。もちろん、アスファルト組成混合物中の化学変化としては、飽和成分→レジン分、芳香族成分→レジン分、レジン分→アスファルテン分などの反応が起こっていると考えられるが、得られた最終的な結果からみると、支配的な化学変化は上述したようにレジン分からアスファルテン分になる反応であろう。またレジン分からアスファルテン分になる過程においてその速度を支配するものは、レジン分の濃度ではなく空気接触面の大小によるようである。

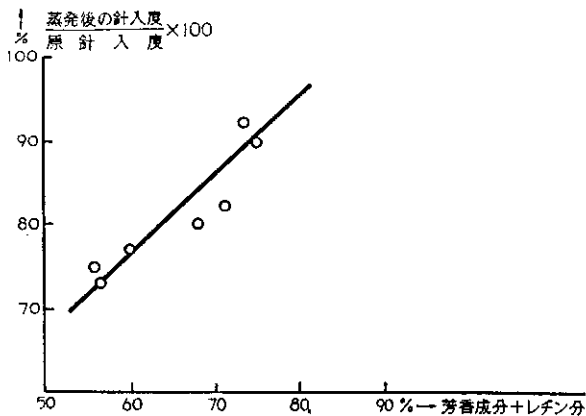


図-2

ン分の和の多いものが、蒸発後の針入度減少割合が少ないことが認められた。すなわち熱に対する安定性および老化に対する抵抗性の良いものは、芳香族成分とレジン分の和の多いものであることを示している。このことは“実用上ひび割れの少なく良質のものと思われるアスファルトは、アスファルテンが少なく芳香族成分、レジン分の合計の多いものである”^{注1)}という説に対して一つの支持を与えるものである。

注1) 菊地栄一, 藤田 稔, 昭和技報 vol. 2, No. 1, June 1958.

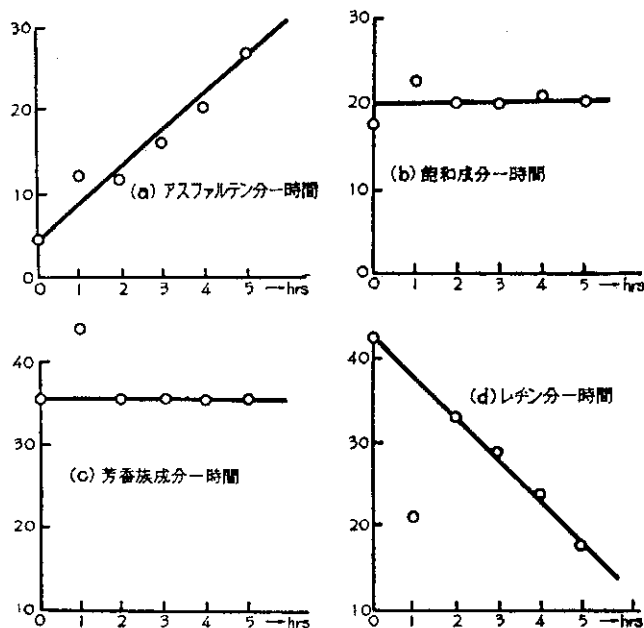


図-3

実際のアスファルト舗装道路に対するアスファルトの耐久性および良否と化学組成との関係についてはその抽出方法も明らかになったので上長都試験道路の切り取り供試体などについて行なう予定である。

iii) 低温伸度とアスファルテンとの関係： 寒地に適した舗装用アスファルト合材とアスファルトの品質との関係は多くの人々によって種々の意見が述べられているが、これらの間の関係を直接的に示す規格試験は、今のところまだ確認されていない。北海道開発局が、表層用アスファルトに対して、JIS 規格以外に、特に低温伸度の規格を設けているのも、アスファルト合材の低温脆化と低温伸度との間に直接的な関係を見出して定めたものではなく、安定な富配合シートアスファルトに適するアスファルトの一般性状を吟味する目安にしようと考えたものである。一般にアスファルテンの含有量の多いアスファルトは低温伸度が小さいといわれている。そこで本実験ではこの点について特に追試を行なってみた。その実験結果、アスファルテン分のある含有量を境として、低温伸度に相当の開きがあることが知られた。試料 15 のうちアスファルテン 7% 以下のものが 8 あり、このうち 6 までが低温伸度 100 以上であった。また、アスファルテン分 7% 以上のものは 7 で、この全部が低温伸度 100 以下であった。しかし、飽和成分、芳香族成分、レジン分との間には明確な関係は見出せなかった。

iv) 固形パラフィン含有率とアスファルトの物理的性状との関係： アスファルト中に含まれる固形パラフィンが、アスファルトの質を低下させている原因

の一つとして云々されているが、現在のところ、固形パラフィンの定量法が確立されていないので、アスファルト中に天然に含まれている固形パラフィン量と物理的性状との関係はまだ見出すことができない。しかしながら、アスファルトに人工的に固形パラフィンを添加した時のアスファルトの性状変化については、市川氏などにより研究されている。これらは、アスファルト中に天然に含まれている固形パラフィンの影響を吟味する一つの参考になると思われるので、これらについていくつかの実験を行なった。針入度 50^{注2)} のナフテン基アスファルトに固形パラフィン 1%~20% を添加したところ、針入度は固形パラフィン添加量の 7%~12% を頂点としてそれまでは添加量の増加に伴って増加し、さらにそれを過ぎると徐々に減少していく。

またこのアスファルトは 5°C で 100 cm 以上の低温伸度を示したが、固形パラフィンの 1%、2% の添加によつて低温伸度の変化を認めることができなかった。しかしながら固形パラフィンの添加によつて伸度試験の型枠をはずす際のわずかな衝撃によつても壊れる傾向が見られた。

アスファルト舗装道路の破壊の一因子として、アスファルトの膨脹および収縮が考えられるが、この点に関して固形パラフィンの添加の影響を調べてみた。その結果は図-4 に示したとおりである。図から判るように、ナフテン基原油の針入度 50 のアスファルト Sn の比容積-温度の関係は直線で表わされるが、これに固形パラフィンを 7% および 10% 添加した場合は、35°~40°C 付近において折点を有する折線になる。また、針入度級 100~120 のナフテン基原油のアスファルト Sn に固形パラフ

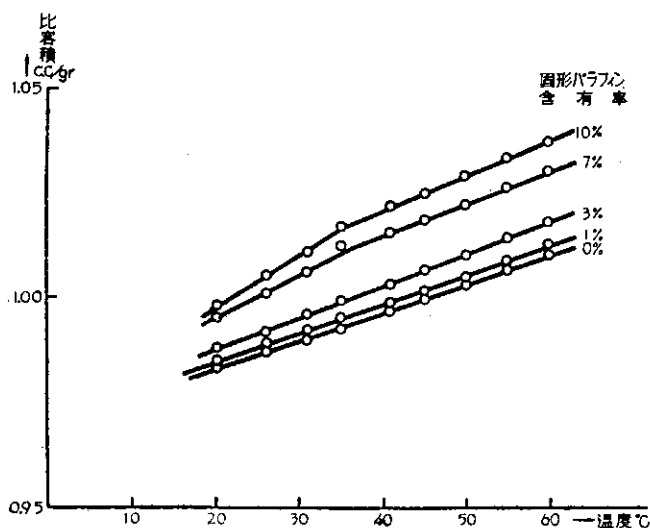


図-4 固形パラフィン含有によるアスファルトの比容積と温度の関係

インを10%添加した場合も、同様な折線となつた。この現象は折点において、液体から固体に変わる過程と推測される。したがつて固形パラフィン含有による比容積と温度との間のこのような折線関係は比容積ばかりでなく粘度、比熱など他の物理的性質においても起こることが予想され興味ある事実である。これらについて詳細は追つて報告する予定である。

注2) ビリジン法による固形パラフィン含有量の結果は0.5%以下であつた。

v) アスファルト合材のマーシャル安定度とアスファルトの化学組成との関係： マーシャル安定度の値は合材のアスファルトの配合比や骨材の種類によつて大きく影響を受ける。富配合の場合と貧配合の場合ではアスファルトの働く役割も変つてくるであろうことが予想される。

本実験では、以上のような配合と安定度との関係についての解析は暫くおくことにして、配合比ならびに骨材を一定にし、使用アスファルトをそれぞれ変えた供試体について実験を行ない、安定度とア

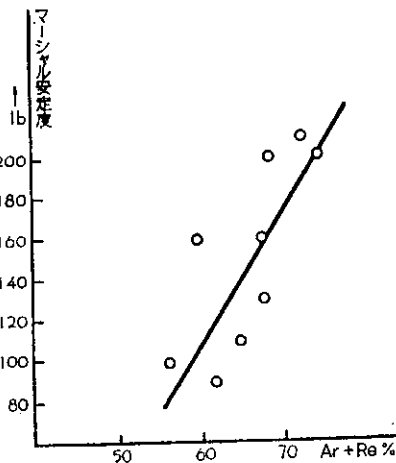


図-5 マーシャル安定量と化学組成との関係

スファルトの化学組成との関係を吟味してみた。その結果合材の安定度とアスファルトの化学組成との間に図-5から判るように、芳香族成分とレジン分の和の多いものが安定度が良いという傾向が見られた。

IV むすび

アスファルトの以上の実験考察を総括すれば次のとおりである。

i) 熱に対する安定性は、芳香族成分とレジン分の和の多いものほどよい。この劣化に際して起こる化学変化はレジン分がアスファルテン分になる反応が支配的であり、その速度はレジン分の濃度にはよらない。

ii) 試験に供したアスファルトについては、アスファルテン分が多すぎるものは低温伸度が悪い。また、実験誤差範囲内で、固形パラフィンの添加によつて低温伸度が悪くなる傾向はみられなかつた。

iii) 固形パラフィンの添加は加えられたアスファルトの温度-比容積の関係において、40°C 付近に折点を有する折線の関係にありそのグラフの折れ曲る傾向は固形パラフィンの添加量の多いほど大きい。

iv) アスファルト含有量12%のシートアスファルトのマーシャル安定度は、芳香族成分とレジン分の和の多いものほど大きい。

以上は、結合材としてのアスファルトの物理化学的性質を化学組成の面から考察を加え、アスファルト合材の物理的性質を支配する因子を検討しようとしたものである。

豆知識

主な国のセメント生産高と消費量

世界の十大セメント生産国の生産高および人口1人当たり消費量は下表のとおりで、日本では150 kg、ちょうど3袋である。

セメント生産高と消費量				1956年度(昭和31年度)	
国名	生産高 (単位 10,000 t)	消費量 人口1人当り (kg)	国名	生産高 (単位 10,000 t)	消費量 人口1人当り (kg)
アメリカ	5,325	330	イタリ	1,078	227
ソ連	2,490	124	インド	500	13
西ドイツ	1,965	382	カナダ	469	317
日本	1,302	150	ベルギー	466	532
イギリス	1,296	255	全世界	23,189	99
フランス	1,138	266			