

# アスファルト混合物におけるフィラーと粗骨材の影響について\*

## ON THE EFFECT OF FILLER AND COARSE AGGREGATE FOR ASPHALT MIXTURE

内田 一郎\*\*・針 貝 武 紀\*\*\*  
木村 淳 弘\*\*\*\*・湯 村 龍 洋\*\*\*\*\*  
By Ichiro Uchida, Takenori Hariqai,  
Atsuhiko Kimura and Tatsuhiro Yumura

### 1. ま え が き

舗装に使用するアスファルト混合物は通常アスファルトと粗骨材、細骨材、フィラーとを適当な割合に混合して作成する。実際の姿はアスファルトとフィラーとがまず混ざり合って、この混合物が粗骨材、細骨材の間げきを充填しかつ骨材相互を結びつけるであろう。したがってこのアスファルトとフィラーとの混合物の性質を知ることがたいせつなことである。また、日本道路協会「アスファルト舗装要綱」(昭 36.5)によると、フィラーとして用いられるものは石灰岩、火成岩類を粉碎したものおよびポルトランドセメントなどであるとしている。最近鉾津の粉や火山灰あるいはフライアッシュなどの生産も多くなってきてその利用が問題になっているが、これらのものがフィラーとして使えれば未利用資源の活用ということでも有意義である。以上のことからこれらのものがフィラーとして使えるかどうか、またフィラーの混入がアスファルトの性質をどのように変えるかなどの検討のために実験的研究をこころみた。

つぎにフィラーの種類を変えた場合に舗装に使う密粒度のアスファルト混合物の性質がどのように変わるか、また粗骨材の種類を変えたらどうかということについて実験的に研究してみた。その方法はマーシャル試験によるもので、水浸の影響についても検討を行なった。

### 2. 材料の性質

#### (1) アスファルト

アスファルトとフィラーとの混合物についての研究に使ったものはつぎの性質をもったストレートアスファルトである。

比重	1.018 (25°C)
針入度	125 (25°C)
伸度	124.7 cm (25°C)
軟化点	41.0°C (環球式)

\* 土木学会第 20 回年次学術講演会(昭 40.5)および土木学会西部支部研究発表会(昭 41.1)にて一部発表

\*\* 正会員 工博 九州大学教授 工学部土木工学教室

\*\*\* 正会員 工修 建設省九州地方建設局企画室

\*\*\*\* 正会員 大阪府土木部計画課

\*\*\*\*\* 学生会員 九州大学大学院学生

また、マーシャル試験によって検討した密粒度アスファルト混合物には別のつぎの性質をもつストレートアスファルトを使用した。

比重 1.018 (25°C)

針入度 86 (25°C)

#### (2) フィラー

フィラーは表-1 に示す 7 種を使用した。このうち、F、G の鉾津はマーシャル試験を行なったものだけに使った。なお、産地については県名だけを示しておく。

表-1 使用フィラー

種 類	記号	産 地	色	比 重	ゆる詰め密度 (g/cc)
石灰岩石粉	A	福岡県	白色	2.72	0.98
鉾 津	B	鹿児島県	白灰色	2.67	0.90
火 山 灰	C	山口県	緑灰色	2.95	0.86
フライアッシュ	D	福岡県	黒灰色	2.15	0.72
フライアッシュ	E	宮崎県	灰色	2.05	0.83
鉾 津	F	福岡県	灰色	3.19	—
鉾 津	G	福岡県	白色	2.23	—

その粒度は図-1 のとおりで、いずれも「アスファルト舗装要綱」に示してあるつぎの標準<sup>1)</sup>に適合している。

0.6 mm 通過 100%

0.15 mm 過通 90% 以上

0.074 mm 通過 65% 以上

このうちフライアッシュ D、E は粒がそろっていて、粒径加積曲線が立っているのが目につく。

フィラー A~E の顕微鏡写真を示したものが写真-1~5 である。フライアッシュはいくらか丸味を帯びてい

図-1 フィラーの粒径加積曲線

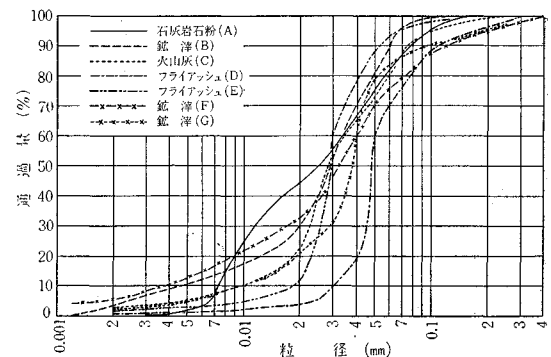


写真-1 石灰岩石粉 (A) の顕微鏡写真

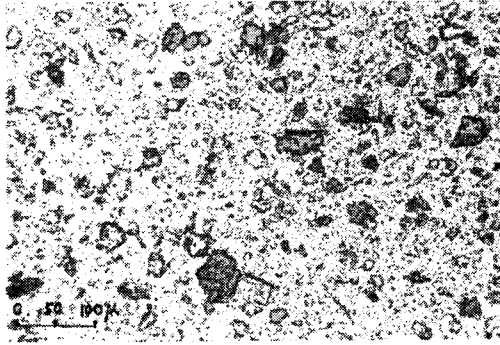


写真-2 鈇滓 (B) の顕微鏡写真

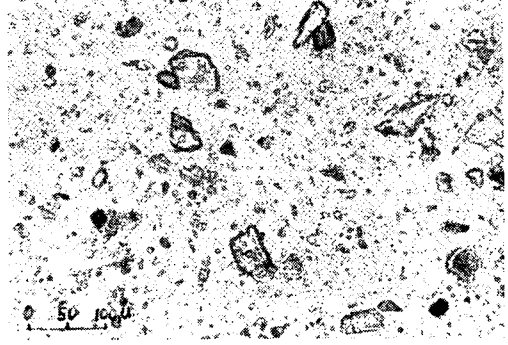


写真-3 火山灰 (C) の顕微鏡写真

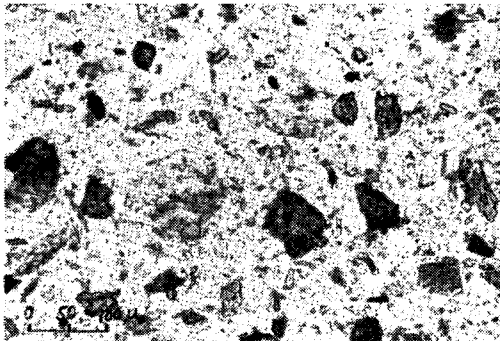


写真-4 フライアッシュ (D) の顕微鏡写真

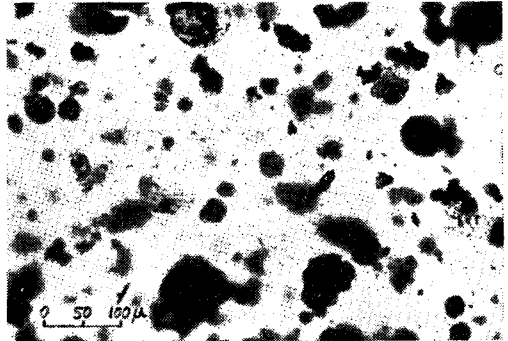
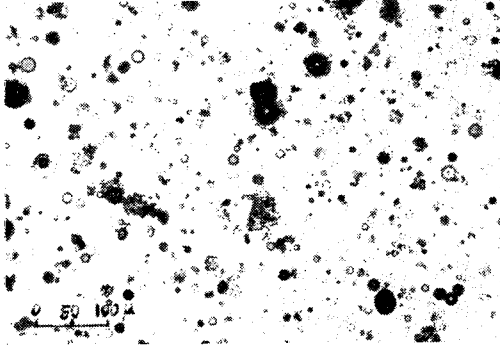


写真-5 フライアッシュ (E) の顕微鏡写真



るが、他のものは一般に角張っている。またフライアッシュ (D) は団粒状態を示しており、このことは表-1 に示したゆる詰め密度の低いことの因でもあろう。この団粒化は後に示す各試験の結果にも影響を与えているようである。なお、各写真において丸味を帯びて散在しているのは気泡である。

表-2 はフィラーA～Eについて化学試験を行なった結果を示したものである。

これを見ると石灰岩石粉・火山灰はCaO、鈇滓・フライアッシュはSiO<sub>2</sub>をもっとも多く含んでいる。また、灼熱減量は石灰岩石粉がとくに多い。

表-2 フィラーの化学成分

試料	化学成分 (%)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	灼熱減量	計
石灰岩石粉 (A)		0.22	—	0.07	54.64	0.82	n.d.	n.d.	43.82	99.57
鈇滓 (B)		66.27	2.05	1.56	7.16	6.73	0.76	0.19	14.65	99.37
火山灰 (C)		22.36	1.89	3.84	61.44	1.46	0.55	2.42	5.97	99.93
フライアッシュ (D)		56.72	25.71	4.67	2.25	0.58	0.91	1.32	7.28	99.44
フライアッシュ (E)		55.04	19.90	8.07	5.21	1.30	1.40	2.44	6.34	99.70

表-3 フィラーの含有粘土鈇物

試料	粘土鈇物
石灰岩石粉 (A)	カルサイト
鈇滓 (B)	石英・カルサイト
火山灰 (C)	モンモリロナイト・ハロイサイト・石英
フライアッシュ (D)	石英
フライアッシュ (E)	石英

X線回折によりA～Eのフィラーについて含有粘土鈇物をしらべてみたものが表-3である。

また、A～Eのフィラーの安定性を検討するためにJIS A 1122-1954の骨材の安定性試験に準じて試験を行った。そのおおよその要領はつぎのとおりである。

試料は0.075～0.11 mm および0.11～0.25 mm の2

種を使った。試験に使用した溶液は硫酸マグネシウム飽和溶液で、これは 25~30°C の水 1 l 中に硫酸マグネシウム結晶 (MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O) を約 1400 g の割合で加え、よくかきまぜて後 21±1°C の温度で 48 時間以上放置しておいたものである。この溶液に前述の試料を 120 時間ひたしておき、後とり出して 105~110°C の温度で重量一定になるまで乾燥する。そしてこれを水洗いし、洗った水に塩化バリウム (BaCl<sub>2</sub>) を加えても白濁しなくなるまで洗う。洗い終わったら試料を 105~110°C の温度で乾燥し、これを試験前にその試料がとどまったフルイ (たとえば 0.075~0.11 mm の試料に対しては 0.075 mm フルイ) でふるい、とどまった試料の重量を計る。そして各群の損失重量百分率をつぎの式で求め、安定性を判定するのである。

各群の損失重量百分率

$$= \left( 1 - \frac{\text{試験前に試料がとどまったフルイに残る試験後の試料の重量}}{\text{試験前における試料の重量}} \right) \times 100(\%)$$

その結果を示したものが表-4で、石灰岩石粉 (A) や鉍滓 (B) が他にくらべて大きいのが目につく。フライアッシュ (D) の 0.075~0.11 mm の値の大きいのは団粒を形成しているためだろう。

表-4 フィラーの損失重量百分率

試料	粒度 (mm)	損失重量百分率 (%)
石灰岩石粉 (A)	0.075~0.11	93.4
	0.11~0.25	92.2
鉍滓 (B)	0.075~0.11	77.8
	0.11~0.25	96.1
火山灰 (C)	0.075~0.11	36.0
	0.11~0.25	20.4
フライアッシュ (D)	0.075~0.11	72.0
	0.11~0.25	3.0
フライアッシュ (E)	0.075~0.11	26.0
	0.11~0.25	32.0

(3) 細骨材

九州大学工学部構内の砂を使用した。その比重はつぎのとおりである。

2.5~0.6 mm 2.62  
0.6 mm 以下 2.64

(4) 粗骨材

使用した粗骨材は表-5に示す6種類である。

吸水量、すりへり減量は6号砕石 (10~5 mm) に対

表-5 使用粗骨材

種類	記号	産地	色	比重	吸水量 (%)	すりへり減量 (%)
角閃岩砕石	A	福岡県	青緑色	2.74	1.03	19.7
花崗閃緑岩砕石	B	福岡県	薄紅色	2.65	1.04	32.9
粘板岩砕石	C	山口県	青灰色	2.74	0.83	19.0
珪岩砕石	D	不明	白色	2.64	0.71	35.8
エメリー砕石	E	大分県	黒色	3.87	0.28	11.1
ニッケル鉍滓	F	宮崎県	薄緑色	3.11	1.38	32.7

して行なった値である。これをみると吸水量の少ないのはエメリー、多いのはニッケル鉍滓、他はこの中間にある。またエメリーは固い、珪岩・花崗閃緑岩・ニッケル鉍滓は柔らかい、粘板岩・角閃岩は中位の固さをもっているということになる。

3. フィラーとアスファルトとの混合物の性質

フィラーをアスファルトに混入した場合その性質がどのように変化するか、混入量の少ない場合 (アスファルトに対してフィラーを重量比で 30% 以下) については以前研究を行なったことがある<sup>2)</sup>。しかし実際にはアスファルトよりもフィラーを多量に (重量で考えて) 加えることが多いので、このたびはフィラーの量をアスファルトとフィラーとの和の 40~75% の範囲すなわちフィラー量とアスファルト量との比が 40/60~75/25=0.67~3.0 になるようなものについて研究を行なった。

行なった試験は針入度、伸度、軟化点、靱性などで、試料としては材料のところで述べた針入度 125 のアスファルトにフィラーを全試料すなわちアスファルトとフィラーとの和の 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75% を加えたものを考えた。

(1) 針入度および感温比

針入度の試験条件は

表-6 試験条件

温度 (°C)	錘 (g)	時間 (秒)
0	200	60
25	100	5
46	50	3

表-6 のとおりであるが、46°C のときには針の貫入量に比べて容器の深さが足りないので時間を 3 秒とした。

測定はいずれも 5 回行ない、その平均値を求める針入度とした。その結果を示したものが図-2, 3, 4 である。

どのフィラーにおいても、その混合量の多いほど針入度の低下をもたらししているが、とくにつぎのような点が指摘されよう。

- i) 石灰岩石粉は他にくらべて低温で針入度が低く、

図-2 フィラーの針入度におよぼす影響 (試験温度 0°C)

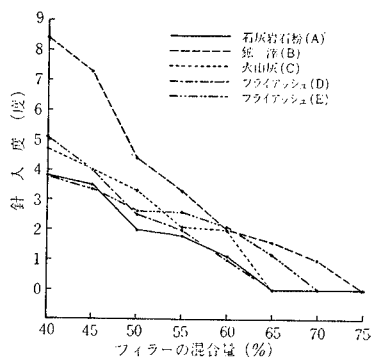


図-3 フィラーの針入度におよぼす影響  
(試験温度 25°C)

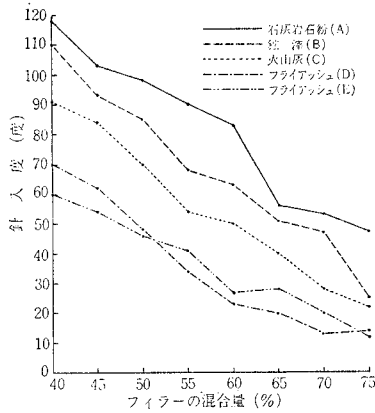


図-6 フィラーの針入度におよぼす影響  
(試験温度 25°C)

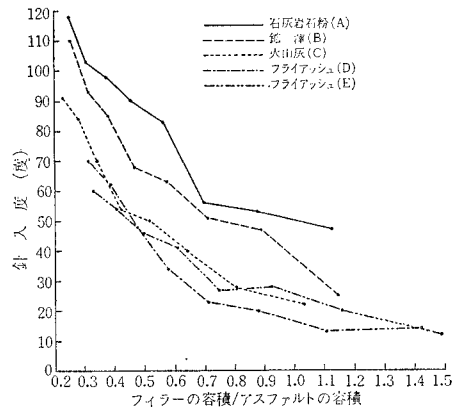


図-4 フィラーの針入度におよぼす影響  
(試験温度 46°C)

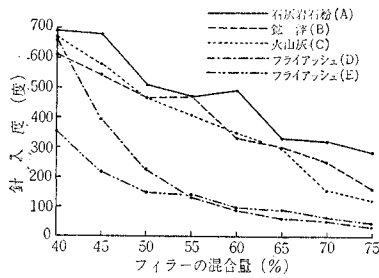


図-7 フィラーの針入度におよぼす影響  
(試験温度 46°C)

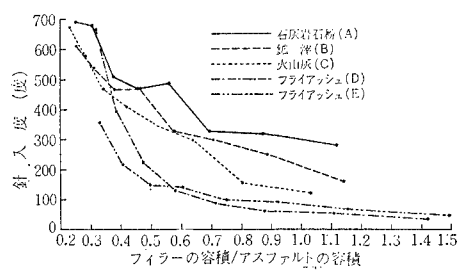


図-5 フィラーの針入度におよぼす影響  
(試験温度 0°C)

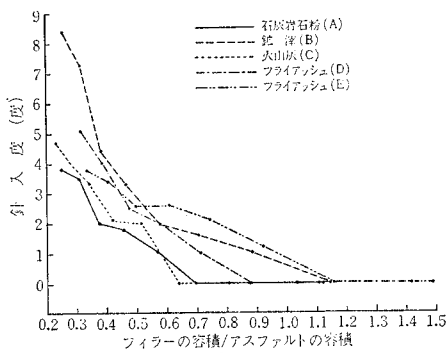


図-8 フィラーの針入度におよぼす影響  
(試験温度 0°C)

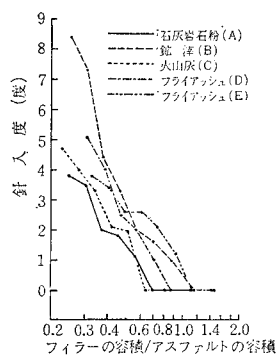
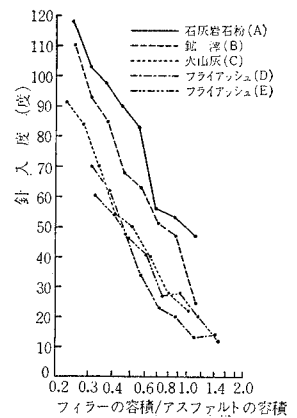


図-9 フィラーの針入度におよぼす影響  
(試験温度 25°C)



高温で針入度が高い。

- ii) フライアッシュは高温での針入度が他より低い。
- iii) 鉾澤は低温において高い針入度を示す。

さらに以上の結果をフィラーの容積とアスファルトの容積との比に対して示してみると 図-5, 6, 7 のとおりである。その容積比増加ともなう針入度の低下傾向はしだいに弱まっており、いくらかの例外はあるが 図-8, 9, 10 に示すようにセミログにおいてはほぼ直線関係にある<sup>3)</sup>。

以上求めた針入度に対して 0°C の値で他の温度の値を割ったものすなわち感温比を、フィラーとアスファルトとの容積比に対して図示したものが 図-11, 12 である。フライアッシュを除いては容積比の増加とともに感温比は大きくなっており、また石灰岩石粉は他に比べて大きい感温比を示し、フライアッシュは小さい感温比を示している。

図-10 フィラーの針入度におよぼす影響  
(試験温度 46°C)

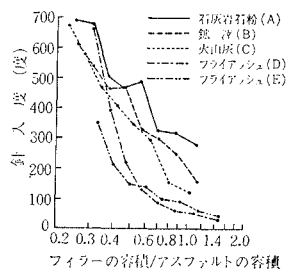


図-13 フィラーのアスファルトの伸度におよぼす影響 (試験温度 25°C)

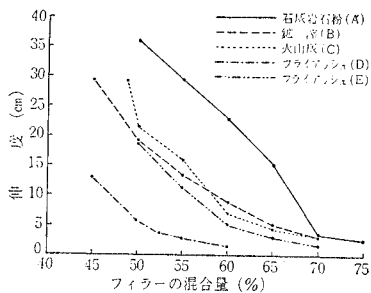


図-11 フィラーのアスファルトの感温比におよぼす影響  
(25°C の針入度/0°C の針入度)

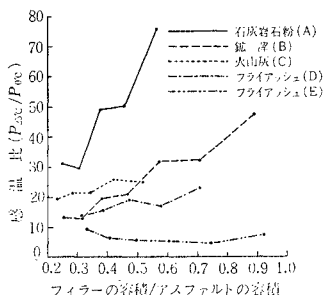


図-14 フィラーのアスファルトの伸度におよぼす影響  
(試験温度 25°C)

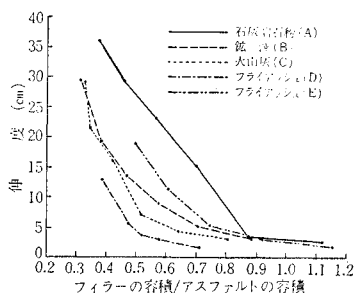
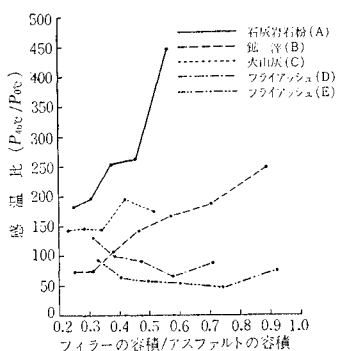


図-12 フィラーのアスファルトの感温比におよぼす影響  
(46°C の針入度/0°C の針入度)



関係を示すようである (図は省略する)。

(3) 軟化点

図-15 および 図-16 はフィラーの混入が軟化点におよぼす影響を示したものである。図示の値は2回の測定値の平均である。軟化点と容積比との関係を示す図-16によると、いくつかの例外はあるが直線に近い関係を示すものが多いようである。また、軟化点が高くなるほど温度感応性がぶくなるわけであるが、他に比べて石灰岩石粉は温度上昇に敏感のようである。

(2) 伸度

温度 25°C の伸度試験の結果を示したものが 図-13 であるが、これをフィラーとアスファルトの容積比との関係で示したものが 図-14 である。なお、この結果は3回測定の平均値を示したものである。

フィラーが多くなると、いずれの場合においても伸度は非常に小さくなるが、ある程度の量までは石灰岩石粉の影響がいちばん小さい。また、フィラーとアスファルトとの容積比をログ (log) にとってセミログに示したものは、フィラー量の多いところを除くとほぼ直線に近い

図-15 フィラーのアスファルトの軟化点におよぼす影響

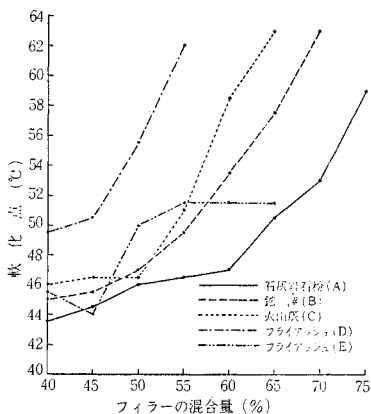
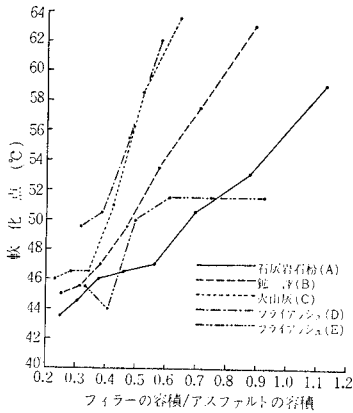


図-16 フィラーのアスファルトの軟化点におよぼす影響



(4) 靱 性

ページの衝撃試験機を使い、石材の試験に準じて行なったものである。試験片は径 3.3 cm、高さ 3.0 cm の円筒形で、アスファルトとフィラーとの混合物を 120°C に加熱して熔融し型わく中に流し込んで作製したものである。この試験片を 10°C に保った水中に 24~26 時間入れておき、のちとりだして試験を行なった。試験要領は鉄槌を最初 1 cm の高さから落し、順次 1 cm あて増加させて試験片が破砕したときの落下高さ (cm) をもって靱性とした。試験はそれぞれ 3 回行ない、その平均値をもつて測定値とした。試験結果を示したものが図-17、これをフィラーとアスファルトとの容積比で示したもの

図-17 フィラーのアスファルトの靱性におよぼす影響 (試験温度 10°C)

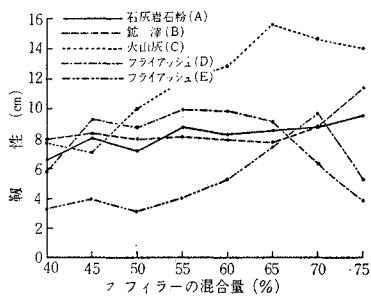
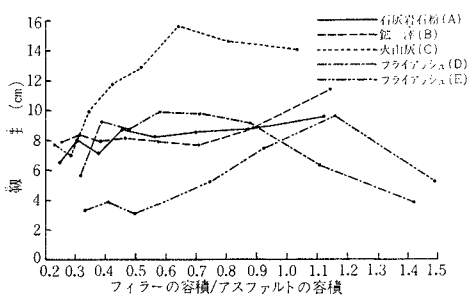


図-18 フィラーのアスファルトの靱性におよぼす影響 (試験温度 10°C)



が 図-18 である。

靱性のフィラー量に応ずる変化はあまり顕著でない。また火山灰を使用したときの靱性をもっとも大きいようである。

通常フィラーとしては石灰岩石粉がもっとも多く用いられているが、灼熱減量、安定性、温度に対する感応性などの点において他のものの方がかえって良い性質を示すようである。ここで行なった試験の範囲で判断すると他の鉆津・火山灰・フライアッシュなどもフィラーとして十分役立つと考えてよい。ただフライアッシュ (D) のように団粒化しているものは後に示すように多量のアスファルトを要するようでもあり適当でない。団粒化はフライアッシュだけでなく、他のものにおいてもとくに同一カ所に長く放置しておくで生ずるようである。

4. フィラーの種類がアスファルト混合物の強度におよぼす影響

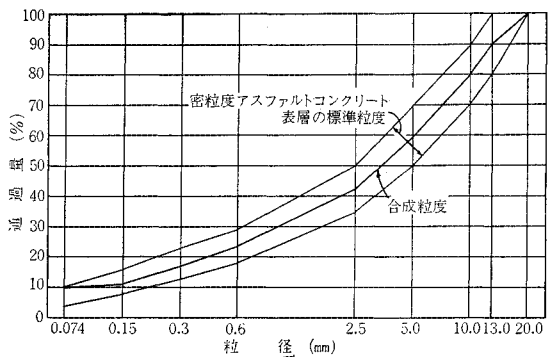
フィラーの種類がどのようにアスファルト混合物の強度に影響を与えているかを、マーシャル試験によって、また 4 日間水浸後の試料に対する試験によって判定したものである。

(1) マーシャル試験

粗骨材は表-5 に示した角閃岩砕石 (A) と花崗閃緑岩砕石 (B) の 2 種、細骨材は九州大学工学部構内の砂を使用した。フィラーは角閃岩砕石 (A) に対しては表-1 の A~G の 7 種、花崗閃緑岩砕石 (B) に対しては表-1 の A~E の 5 種を使い、またアスファルトは針入度 86 のものを使った。

骨材の粒度は密粒度アスファルトコンクリートの最大粒径 20 mm のもの<sup>4)</sup>すなわち 図-19 に示すもの考えた。配合は骨材を 20~13 mm, 13~10 mm, 10~5 mm, 5~2.5 mm, 2.5~0.6 mm, 0.6~0.3 mm, 0.3~0.15 mm, 0.15~0.074 mm, 0.074 mm 以下に分けて考え、アスファルト舗装要綱に示してある方法<sup>4)</sup>によって混合

図-19 骨材の粒度分布図 (粗骨材:角閃岩砕石(A) フィラー:石灰岩石粉(A))



表一7 フィラーのアスファルト量におよぼす影響(粗骨材:角閃岩砕石の場合)

(単位:%)

フィラーの種類	石灰岩石粉 (A)	鉍 (B)	滓	火山灰 (C)	フライアッシュ (D)	フライアッシュ (E)	鉍 (F)	滓	鉍 (G)	滓
安定度(最高点)	4.8	5.1		5.6	6.9	5.0	4.9		6.0	
密度(最高点)	5.4	5.9		5.9	7.2	5.4	5.2		6.4	
空けき率(4.5%の点)	4.5	5.0		5.2	6.9	4.3	4.1		5.9	
飽和度(80%の点)	5.0	5.6		5.8	6.9	5.0	4.9		5.6	
平均(基準アスファルト量)	4.9	5.4		5.6	7.0	4.9	4.8		6.0	

表一8 フィラーのアスファルト量におよぼす影響(粗骨材:花崗閃緑岩砕石の場合)(単位:%)

フィラーの種類	石灰岩石粉 (A)	鉍 (B)	滓	火山灰 (C)	フライアッシュ (D)	フライアッシュ (E)
安定度(最高点)	3.8	5.7		5.5	6.4	4.8
密度(最高点)	5.2	6.0		6.3	7.3	5.2
空けき率(4.5%の点)	4.3	4.9		5.3	6.6	4.2
飽和度(80%の点)	5.0	5.6		5.6	6.9	5.1
平均(基準アスファルト量)	4.6	5.6		5.7	6.8	4.8

する粗細骨材およびフィラーの量をきめた。このようにして求めた合成粒度の一例を示したものが図一19である。粒度あるいは比重の違いから各粗骨材ごとにまた各フィラーごとに個々にこのような合成粒度を求める必要がある。

供試体は各アスファルト量ごとに4個、つぎの要領で作成した。

- 骨材加熱温度 170°C
- 混合時のアスファルト温度 120~140°C
- アスファルト混合時の温度 145~155°C
- 突固め開始時の温度 120°C
- 突固め回数 表裏とも75回

突固め後2分間以上水中で冷却したのち、モールドより取り出した。この供試体に対して高さ、密度、空けき率、飽和度などの測定、計算を行ない、24時間室温にて養生(冬期は養生室内にて養生)後安定度試験を行なった。なお、安定度試験直前に30分間60±1°Cの恒温水槽中に浸し、供試体の温度を60°Cとした。

試験の結果は図一20のように図示し、これから基準アスファルト量あるいは最大安定度、最大密度などを求めた。アスファルト量については密粒度アスファルトコンクリートに対する

- 安定度 最高点
- 密度 最高点
- 空けき率 4.5%の点
- 飽和度 80%の点

のアスファルト量を求め、その平均値を基準アスファルト量とした<sup>3)</sup>。表一7, 表一8はそれぞれ粗骨材として角閃岩砕石, 花崗閃緑岩砕石を使った場合の基準アスファルト量を示したものである。

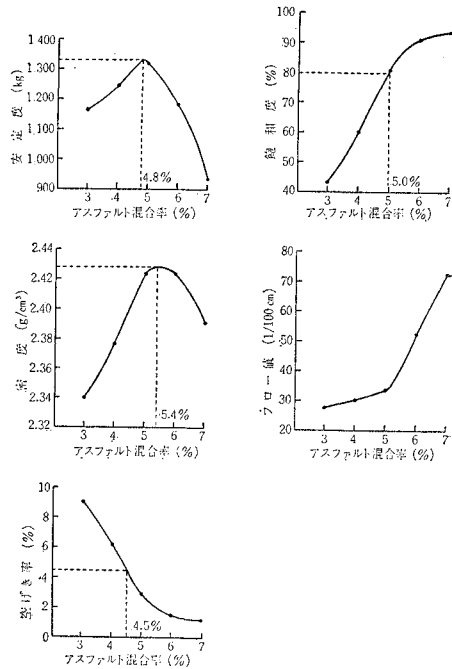
さらに基準アスファルトのときの供試体の密度を求め、これに基準アスファルト量をかけて単位体積に必要なアスファルト量を求めてみると表一9, 表一10のようになる。

表一7~10より必要なアスファルト量はフィラーの種

類によってかなり異なることがわかる。石灰岩石粉(A), フライアッシュ(E), 鉍滓(F)などはアスファルト量が少なくてすむようである。これに対してフライアッシュ

(D), 鉍滓(G)などはとくに多量のアスファルトが必要である。これらの2つはいずれもいくらか団粒化し

図一20 マーシャル試験の結果の例(粗骨材:角閃岩砕石(A)(フィラー:石灰岩石粉(A))



表一9 単位体積中のアスファルト量(粗骨材:角閃岩砕石の場合)

フィラーの種類	基準アスファルト量 (%)	供試体密度 (g/cm³)	単位体積中のアスファルト量 (g/cm³)
石灰岩石粉 (A)	4.9	2.421	0.119
鉍滓 (B)	5.4	2.388	0.129
火山灰 (C)	5.6	2.399	0.134
フライアッシュ (D)	7.0	2.282	0.160
フライアッシュ (E)	4.9	2.364	0.116
鉍滓 (F)	4.8	2.460	0.118
鉍滓 (G)	6.0	2.346	0.141

表-10 単位体積中のアスファルト量  
(粗骨材：花崗閃緑岩砕石の場合)

フィラーの種類	基準アスファルト量 (%)	供試体密度 (g/cm <sup>3</sup> )	単位体積中のアスファルト量 (g/cm <sup>3</sup> )
石灰岩石粉 (A)	4.6	2.374	0.109
鉾 漣 (B)	5.6	2.352	0.132
火山灰 (C)	5.7	2.367	0.135
フライアッシュ (D)	6.8	2.322	0.158
フライアッシュ (E)	4.8	2.241	0.108

フィラーの粒度、粒形、粒子の表面の組織あるいは表面の化学的性質などであろうが<sup>6)</sup>、前に述べた団粒化の状況もみのがすことはできない。

(2) 水浸試験

粗骨材として角閃岩砕石 (A) および花崗閃緑岩砕石 (B) を使い、細骨材として九州大学工学部構内の砂を使って、表-1 のフィラーA~Eについて検討してみ

表-11 基準アスファルト量における安定度・密度などの値

粗骨材	フィラー	基準アスファルト量 (%)	安定度 (kg)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	空げき率 (%)	飽和度 (%)	フロー値 (1/100 cm)
角閃岩砕石	石灰岩石粉 (A)	4.9	1325	2.421	3.2	78.0	33.0
	鉾 漣 (B)	5.4	1550	2.388	3.7	77.5	36.0
	火山灰 (C)	5.6	1560	2.399	3.7	78.0	33.2
	フライアッシュ (D)	7.0	1330	2.282	4.4	80.5	34.0
	フライアッシュ (E)	4.9	1168	2.364	3.2	78.0	23.5
	鉾 漣 (F)	4.8	1470	2.460	3.2	78.0	36.0
	鉾 漣 (G)	6.0	1250	2.346	3.2	82.0	52.0
花崗閃緑岩砕石	石灰岩石粉 (A)	4.6	1680	2.374	3.5	75.0	30.0
	鉾 漣 (B)	5.6	1680	2.352	3.0	80.5	37.2
	火山灰 (C)	5.7	1555	2.368	3.2	81.5	40.0
	フライアッシュ (D)	6.8	1293	2.241	4.1	78.3	31.0
	フライアッシュ (E)	4.8	1185	2.322	3.1	76.5	27.7

表-12 フィラーの最大安定度、最大密度におよぼす影響

フィラーの種類	角閃岩砕石の場合		花崗閃緑岩砕石の場合	
	安定度 (kg)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	安定度 (kg)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )
石灰岩石粉 (A)	1330	2.430	1790	2.384
鉾 漣 (B)	1570	2.390	1680	2.352
火山灰 (C)	1560	2.399	1560	2.376
フライアッシュ (D)	1330	2.282	1320	2.246
フライアッシュ (E)	1170	2.370	1185	2.322
鉾 漣 (F)	1470	2.460	—	—
鉾 漣 (G)	1250	2.346	—	—

ていたようである。

基準アスファルト量における安定度・密度、空げき率・飽和度・フロー値などを実験の結果を示す図 (図-20 のような) から読みとって示したものが表-11 である。

アスファルト舗装要綱において定められている各種の基準はつぎのとおりである<sup>5)</sup>。

- 安定度 500 kg 以上
- 空げき率 3~6%
- 飽和度 75~85%
- フロー値 (20~40)×1/100 cm

表-11 の値でこれに適合していないのは角閃岩砕石と鉾漣 (G) とを使ったもののフロー値 52.0×1/100 cm だけである。

試験結果を示す図から最大安定度と最大密度を読みとって示したものが表-12 である。

表-11, 表-12 から、フィラーとして鉾漣あるいは火山灰を使ったもののなかには石灰岩石粉を使ったものより安定度において密度において高い値を示すものがあることがわかる。

以上述べたようにフィラーによってアスファルト混合物の性質がいろいろ変化している。その因をなすものは

た。

供試体は前述のようにして求めた基準アスファルト量

表-13 残留安定率 (粗骨材：角閃岩砕石の場合)

フィラー	室内養生		水 浸		残留安定率
	安定度 (kg)	フロー値 (1/100 cm)	安定度 (kg)	フロー値 (1/100 cm)	
石灰岩石粉 (A)	1497	27.7	1411	35.3	1376 1575 ×100 =87.4%
	1899	46.7	1244	32.0	
	1407	27.7	1437	33.8	
	1562	33.0	1318	40.4	
	1509	31.2	1442	33.3	
(平均)	1575	33.3	1376	35.0	
鉾 漣 (B)	1433	37.6	1314	40.6	1353 1469 ×100 =92.1%
	1523	43.7	1386	33.0	
	1407	47.0	1331	47.0	
	1512	44.2	1358	36.8	
	1個試験不能	—	1376	39.4	
(平均)	1469	43.1	1353	39.4	
火山灰 (C)	1699	37.6	1262	44.7	1244 1548 ×100 =80.4%
	1378	29.0	1279	41.9	
	1583	39.4	1072	38.1	
	1540	34.5	1352	44.5	
	1541	29.2	1253	43.4	
(平均)	1548	33.9	1244	42.5	
フライアッシュ (D)	1389	31.8	1266	—	1216 1442 ×100 =84.3%
	1512	37.8	1293	43.9	
	1442	27.9	1211	28.2	
	1435	36.1	1222	—	
	1431	31.0	1086	22.8	
(平均)	1442	32.9	1216	31.6	
フライアッシュ (E)	1304	24.1	986	19.5	981 1219 ×100 =80.5%
	1038	22.1	864	20.3	
	1196	21.1	1129	22.7	
	1210	21.8	990	22.9	
	1348	25.4	938	21.1	
(平均)	1219	22.9	981	21.3	



表-14 残留安定率(粗骨材・花崗閃緑岩碎石の場合)

フィラー	室内養生		水浸		残留安定率
	安定度(kg)	フロー値(1/100cm)	安定度(kg)	フロー値(1/100cm)	
石灰岩粉(A)	1746	27.7	1464	32.5	$\frac{1465}{1690} \times 100 = 86.7\%$
	1795	29.2	1523	30.0	
	1698	26.7	1605	33.3	
	1507	24.1	1483	26.9	
	1706	25.9	1249	28.2	
(平均)	1690	26.7	1465	30.2	
鉍滓(B)	1794	36.8	1530	44.5	$\frac{1485}{1632} \times 100 = 91.0\%$
	1777	37.8	1526	47.0	
	1586	36.1	1424	37.8	
	1509	36.8	1509	36.8	
	1495	34.5	1435	34.3	
(平均)	1632	36.4	1485	40.1	
火山灰(C)	1509	41.0	1284	54.6	$\frac{1250}{1481} \times 100 = 84.4\%$
	1283	40.1	1338	40.1	
	1643	40.6	1238	42.4	
	1569	42.4	1221	41.7	
	1399	41.7	1169	39.6	
(平均)	1481	41.2	1250	43.7	
フライアッシュ(D)	1460	35.1	1177	37.6	$\frac{1181}{1375} \times 100 = 85.9\%$
	1216	29.5	1396	36.1	
	1450	35.8	1170	31.5	
	1392	29.5	1141	36.1	
	1359	28.4	1023	26.7	
(平均)	1375	31.7	1181	33.6	
フライアッシュ(E)	1114	46.0	1031	32.5	$\frac{988}{1113} \times 100 = 88.8\%$
	1104	22.6	952	30.2	
	1112	26.2	998	29.2	
	1176	23.9	1073	33.5	
	1060	27.9	888	27.7	
(平均)	1113	29.3	988	30.6	

で10個作成し、うち5個に対しては24時間室内(冬期は養生室内)養生後マーシャル試験を行ない、のこり5個に対しては4日間60°Cの恒温水中で養生後マーシャル試験を行なった。そして後の水浸供試体の安定度を、前の室内養生供試体の安定度で割って%であらわしたものを残留安定率とした。

測定した安定度、フロー値および残留安定率は表-13、表-14のとおりである。

水浸による安定度の減少はフィラーによってあまり変わらず、残留安定率で80~90%程度である。しいていえば鉍滓(B)の減少が少ないようである。しかし水浸後の安定度はいずれも500kg以上あり、一応問題はなさそうである。なお、本実験は密粒度アスファルトコンクリートについて行なったものであり、粗粒度になっ

て空げきが多くなると水浸安定度の減少がはなはだしくなるであろう。

フロー値については一部に水浸の方が小さいものもあるが、一般的な傾向としては水浸のものが大きいといつてよからう。

### 5. 粗骨材の種類がアスファルト混合物の強度におよぼす影響

粗骨材の種類がどのようにアスファルト混合物の強度に影響を与えるかを、フィラーの場合と同じようにマーシャル試験および水浸試験によって検討してみた。

#### (1) マーシャル試験

表-5に示す粗骨材A~Fに対する検討を行なった。フィラーとしては石灰岩粉(A)を、細骨材としては九州大学工学部構内の砂、アスファルトは針入度86のものを使った。

骨材の粒度、供試体のつくり方、マーシャル試験の方法、試験結果の求め方などは4.のフィラーの場合とまったく同じである。

各種骨材に対して基準アスファルト量を求めたものが表-15である。

また、基準アスファルト量とそのときの供試体の密度とををかけて、単位体積に必要なアスファルト量を求めてみると表-16のようになる。

表-16 単位体積中のアスファルト量

粗骨材の種類	基準アスファルト量(%)	供試体密度(g/cm <sup>3</sup> )	単位体積中のアスファルト量(g/cm <sup>3</sup> )
角閃岩碎石(A)	4.9	2.421	0.119
花崗閃緑岩碎石(B)	4.6	2.374	0.109
粘板岩碎石(C)	4.3	2.420	0.104
珪岩碎石(D)	4.4	2.380	0.105
エメリー碎石(E)	3.8	2.934	0.111
ニッケル鉍滓(F)	4.8	2.581	0.124

表-15あるいは表-16をみるとニッケル鉍滓(F)、角閃岩碎石(A)などが多量のアスファルトを要している。これらは多孔質あるいは細長い粒を含んでいることが原因であろう。表面のなめらかな粘板岩、珪岩などの碎石はアスファルトが少なくすむようである。

基準アスファルト量における安定度・密度・空げき率・飽和度・フロー値などを求めたものが表-17である。

粘板岩碎石における飽和度72.0%がアスファルト舗装要綱において定められている基準に適合していないが、他はすべて適合している。

表-15 粗骨材のアスファルト量におよぼす影響

(%)

粗骨材の種類	角閃岩碎石(A)	花崗閃緑岩碎石(B)	粘板岩碎石(C)	珪岩碎石(D)	エメリー碎石(E)	ニッケル鉍滓(F)
安定度(最高点)	4.8	3.8	3.3	3.8	3.5	4.8
密度(最高点)	5.4	5.2	5.0	4.9	4.2	5.0
空げき率(4.5%の点)	4.5	4.3	4.1	4.9	3.5	4.5
飽和度(80%の点)	5.0	5.0	4.9	4.1	4.0	4.9
平均(基準アスファルト量)	4.9	4.6	4.3	4.4	3.8	4.8

表-17 基準アスファルト量における安定度・密度などの値

粗骨材の種類	基準アスファルト量 (%)	安定度 (kg)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	空隙率 (%)	飽和度 (%)	フロー値 (1/100cm)
角閃岩砕石 (A)	4.9	1325	2.421	3.2	78.0	33.0
花崗閃緑岩砕石 (B)	4.6	1680	2.374	3.5	75.0	30.0
粘板岩砕石 (C)	4.3	1430	2.420	3.8	72.0	35.3
珪岩砕石 (D)	4.4	1320	2.380	3.6	75.0	27.5
エメリー砕石 (E)	3.8	1570	2.934	3.3	76.5	30.0
ニッケル鉍滓 (F)	4.8	1850	2.581	3.4	77.0	31.0

表-18 粗骨材の最大安定度, 最大密度におよぼす影響

粗骨材の種類	安定度 (kg)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )
角閃岩砕石 (A)	1330	2.430
花崗閃緑岩砕石 (B)	1790	2.384
粘板岩砕石 (C)	1470	2.433
珪岩砕石 (D)	1350	2.394
エメリー砕石 (E)	1590	2.944
ニッケル鉍滓 (F)	1930	2.592

表-19 残留安定率

粗骨材	室内養生		水浸		残留安定率
	安定度 (kg)	フロー値 (1/100cm)	安定度 (kg)	フロー値 (1/100cm)	
角閃岩砕石 (A)	1497	27.7	1441	35.3	$\frac{1376}{1575} \times 100 = 87.4\%$
	1899	46.7	1244	32.0	
	1407	27.7	1437	33.8	
	1562	33.0	1318	40.4	
	1509	31.2	1442	33.3	
(平均)	1575	33.3	1376	35.0	
花崗閃緑岩砕石 (B)	1746	27.7	1464	32.5	$\frac{1465}{1690} \times 100 = 86.7\%$
	1795	29.2	1523	30.0	
	1698	26.7	1605	33.3	
	1507	24.1	1483	26.9	
	1706	25.9	1249	28.2	
(平均)	1690	26.7	1465	30.2	
粘板岩砕石 (C)	1662	32.8	1320	34.8	$\frac{1356}{1652} \times 100 = 82.1\%$
	1628	26.9	1413	32.8	
	1753	26.7	1440	24.6	
	1556	26.9	1356	32.3	
	1660	25.4	1252	35.6	
(平均)	1652	27.7	1356	32.0	
珪岩砕石 (D)	1496	29.0	1177	31.5	$\frac{1238}{1453} \times 100 = 85.2\%$
	1492	23.4	1175	24.6	
	1342	34.8	1268	30.5	
	1496	25.9	1244	33.0	
	1437	29.2	1325	29.5	
(平均)	1453	28.5	1238	29.8	
エメリー砕石 (E)	1586	23.1	1733	34.0	$\frac{1479}{1580} \times 100 = 93.6\%$
	1212	29.0	1269	23.6	
	1681	26.7	1457	25.9	
	1544	26.9	1550	24.6	
	1579	20.6	1386	33.0	
(平均)	1580	25.3	1479	28.2	
ニッケル鉍滓 (F)	1970	34.8	1490	31.2	$\frac{1706}{1846} \times 100 = 92.4\%$
	1904	35.3	1607	30.7	
	1761	34.3	1833	33.0	
	1858	36.1	1792	27.7	
	1737	33.8	1807	26.7	
(平均)	1846	34.9	1706	29.9	

マーシャル試験における最大安定度と最大密度とを求めて示したものが表-18である。

表-17, 表-18をみると, ニッケル鉍滓, 花崗閃緑岩などが安定度が高い。砕石の形, 表面の状態を観測した結果によると, 表面の粗さが大きいほどまた細長いものが少ないほど安定度は高く, 稜角の状態はあまり影響を与えていないようである。

(2) 水浸試験

粗骨材としていままでのものと同じA~Fを使い, これに細骨材として九州大学工学部構内の砂, フィラーとして石灰岩石粉(A)を使って, 基準アスファルト量で供試体をつかった。供試体の数, 試験要領はフィラーのときの4.(2)とまったく同じである。

測定した安定度, フロー値および残留安定率は表-19のとおりである。

水浸による安定度の減少は粗骨材によってあまり変わらず残留安定率で80~90%前後である。また水浸後の安定度はいずれも500kg以上あり, 基準値に達している。フロー値は一般に水浸後において大きな値を示すようである。

6. むすび

フィラーの混入はアスファルトの性質を変化させる。一般に針入度・伸度を低下させ, 軟化点を上昇させる。靱性には顕著な変化を与えないようである。これらの状況を明らかにすることができた。

従来フィラーとして石灰岩石粉がもっともよく用いられているが, 鉍滓粉や火山灰あるいはフライアッシュなど未利用資源もフィラーとして利用できることがわかった。安定性や温度感応性・強度などにおいてはむしろ石灰岩石粉よりすぐれたものもあるようである。ただし, ものによっては多量のアスファルト量を要することもあるので注意を要する。

粗骨材によって強度の差はかなり認められるようでは

あるが, いずれも基準値をはるかにこしているの, この点問題ない。しかしその表面の粗滑, 形状などによって所要アスファルト量が違ってくるので, 留意を要しよう。

水浸することによる安定度の減少はフィラーを変えてもまた粗骨材を変えても10~20%程度で, 実用上は支障なさそうである。フロー値は水浸によって増加の傾向にある。

本研究に際しては松本鍾三, 松枝敦子両氏の援助を受

け、各方面より試料の提供を受けた。また、本研究は文部省科学研究費の交付を受けて行なったものである。ここに付記して感謝の意を表す。

#### 参 考 文 献

- 1) 日本道路協会：アスファルト舗装要綱(昭 36.5), p. 43
- 2) 内田一郎・吉田信夫・是松雅雄：アスファルト用フィラーとしてのフライアッシュおよび石粉の性質について，道路，昭 34.9, p. 538
- 3) この点三浦裕二氏も指摘しておられる。
- 三浦裕二：アスファルトの粘性におよぼすフィラーの性質について，土木学会第 21 回年次学術講演会講演概要，第IV部，p. 101-1 (昭 41.5)
- 4) 日本道路協会：アスファルト舗装要綱(昭 36.5), p. 48
- 5) 日本道路協会：アスファルト舗装要綱(昭 36.5), p. 53 ~54
- 6) 三浦裕二：アスファルト混合物の性質にフィラーのおよぼす影響，土木学会第 20 回年次学術講演会講演概要，第IV部，p. 66-1 (昭 40.5)

(1966.7.14・受付)

---