

各種フィラーの比較について

平尾 晋* 高橋 毅**
林 亀一*** 田沢文男****

1. ま え が き

道路研究室では、加熱混合式アスファルト合材の配合設計に際して、フィラー・ビチューメンが結合材であるという考え方にたって数年前から、各種室内実験を進め、アスファルト合材中におけるフィラーの効用の大なることを確認した。次いで道内各地の舗装工事において実施した現場検証試験においても良好な成績が得られた。この結果、この考え方が道路工事設計基準にも採り入れられ、これによりフィラーの配合割合は従来より多くなった。

現在の道路工事仕様書においては、フィラーは原則として石灰石粉を用い、その他のフィラーは特記仕様書によることになっているが、道内の石灰石粉の生産量には限度がある。このため、石灰石粉に代わる他の鉱石粉などをフィラーとして活用することが望まれるようになった。

本実験は、道内各地より搬入した岩粉、鉱山廃粉、工場廃粉の計 11 種類についてフィラーとしての諸性状を石灰石粉と比較して検討することとし、アスファルト安定処理合材を対象に試験を行なった。

その場合のアスファルト安定処理合材は、最大粒径 25.4 mm の切込砂利を使用し、フィラーの種類および配合量が合材の性状に及ぼす影響について検討するため、アスファ

ルト配合量は 4.0% と一定にし、各種フィラーの配合割合は、5.0%, 7.5%, 10.0% の 3 とおとした。試験は上述の各配合の合材について、通常行なわれているマーシャル安定度試験と供試体を $50 \pm 1^\circ\text{C}$ の水中に 4 日間水浸させた後のマーシャル安定度試験をあわせ行ない、これらの試験結果から各種フィラーの使用の適否を検討し、あわせてフィラーの物理試験、締固め試験、アスファルト混入限界量試験なども行なって検討を加えたものである。

2. 使用材料の性状

本実験における使用材料は、表示針入度 100-120 のストレート・アスファルトと、釧路阿寒川産の切込砂利をそれぞれ 1 種類だけ選定し、フィラーの種類をかえたもので、実験に当たって各フィラーは粒度が異なるので、比較のため 74μ フルイでこれをふるい分け、その通過分だけを使用した。

なお、切込砂利は、すでに報告した「アスファルト安定処理合材の安定度に及ぼす各種填充材の影響について」(土木試験月報 127 号) で使用したものと同一である。

実験に使用したアスファルト、切込砂利、およびフィラーの性状は表 1~3、および図-1 のとおりである。

表-1 アスファルトの性状

アスファルト表示針入度	比重 (25/25°C)	軟化点 ($T_{R\&B}$ °C)	針入度 (25°C (5sec/100g))	伸度 (10°C)	引火点 (°C)	燃焼点 (°C)	針入度 指数 (P. I.)	フラスコ 脆化点 (°C)
ストレート 100-120	1.024	45.0	98	100+	314	346	-085	-22

表-2 切込砂利 (阿寒川産)

フルイ目の開き (mm)	25.4	19.1	12.7	9.52	4.76	2.38	0.59	0.297	0.149	0.074
通過重量百分率 (%)	100	94	82	77	62	47	17	8	2	1
細粒比重 2.68	吸水率 4.5%	単位容積重量 2.020 t/m ³								
粗粒比重 2.70	吸水率 1.7%									

* 道路研究室長 ** 道路研究室副室長 *** 前同室主任研究員 **** 前同室 (現小樽開発建設部)

表-3 ファイラーの物理的性状

番号	ファイラーの種類	比重	JIS A 1104 による		空隙量 (B. S. 812-1960)	アスファルト 混入限界量 (D/A)
			単位容積重量 (g/cm ³)	空隙率 (%)		
1	サイクロン粉 (白)	2.778	1.139	59	0.52	2.30
2	藤野砕石粉 (No. 1)	2.681	1.377	52	0.39	3.45
3	フライアッシュ (No. 1)	2.065	1.424	53	0.39	3.28
4	高炉滓粉 (88 μ 残10%)	2.976	1.577	47	0.38	3.62
5	石灰石粉	2.699	1.416	47	0.34	4.43
6	フライアッシュセメント (B種)	2.857	1.657	44	0.33	3.80
7	B種高炉セメント	3.035	1.639	46	0.35	3.49
8	然別浮遊廃石	2.766	1.471	46	0.37	3.73
9	浮遊選鉱滓 (1)	2.740	1.233	55	0.43	2.73
10	浮遊選鉱滓 (2)	2.700	0.859	69	0.55	2.17
11	浮遊選鉱滓 (3)	2.786	1.114	60	0.47	2.19
12	唐松岩粉	2.598	1.001	61	0.48	2.50

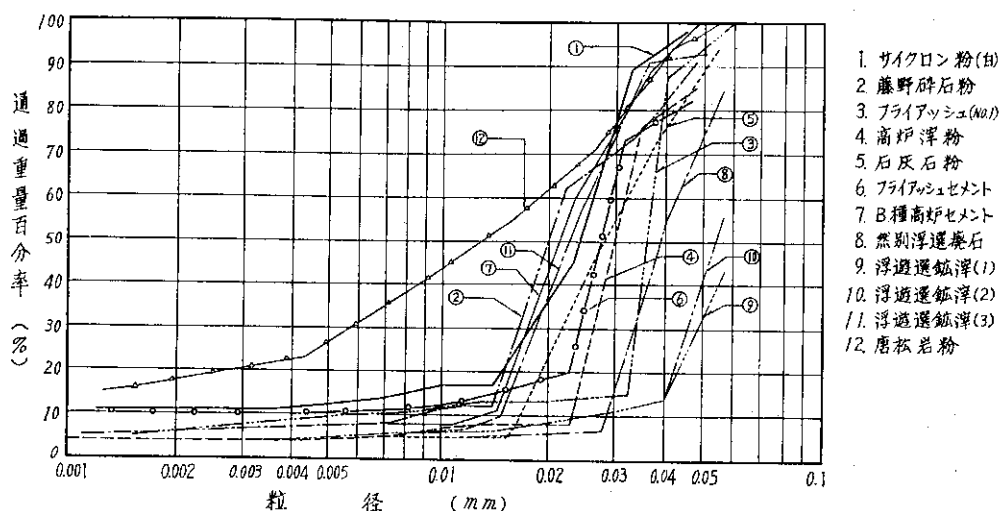


図-1 ファイラーの粒度分析 (0.074 mm 以下)

3. 試験方法

3-1 ファイラーの物理試験

ファイラーの物理試験として比重試験、締固め試験、アスファルト混入限界量試験を下記の方法で行なった。

3-1-1 比重試験

石粉の比重試験は開発局道路工事仕様書の参考付表に示されている「石粉の比重および粒度試験方法」の比重試験方法に従って行なった。

3-1-2 締固めの試験

英国規格 B.S. 812-1960「締固めたファイラーの空隙量測定法」に示されている規格寸法のプランジャーおよびシリンダーを使用し、この試験法の規定に従って弾力のないし

っかりした版上に、4 inch (101.6 mm) の高さより 100 回、自由落下させて締固め、各ファイラーの空隙量を求めた。

また、上述の方法のほかに現場でも容易にできる方法を検討することとし、JIS A 1104 骨材の単位容積重量試験細骨材用の容種 2ℓ の鉄製容器を用いた締固め試験もあわせ行なった。その方法は乾燥させたファイラーを 5 層に分けて容器に入れ、各層ごとに 50 回ずつコンクリート床上に 5 cm の高さより自由落下させ、その落下の震動で締固めたものである。以下この方法によって求めた空隙率を JIS A 1104 による空隙率とする。

3-1-3 アスファルト混入限界量

200°C に加熱したアスファルトに乾燥させたファイラーを少量ずつ混合しながら加え、試験者の観察により、それ以

表-4 合材の性状 (As. 4.0%)

番号	フイラー の 種 類	フイ ラーの 配合量 (%)	非水浸 マーシャル					水 浸 マーシャル					残 留 安定度 (%)
			合材密度		空隙率 (%)	フロ ー 値 (1/100 cm)	安定 度 (kg)	合材密度		空隙率 (%)	フロ ー 値 (1/100 cm)	安定 度 (kg)	
			見 掛 密度 (g/cm³)	理 論 密度 (g/cm³)				見 掛 密度 (g/cm³)	理 論 密度 (g/cm³)				
1	サイクロン粉 (白)	5.0	2.162	2.449	11.7	30	225	2.162	2.449	11.7	68	139	61.8
		7.5	2.161	2.453	11.9	32	243	2.166	2.453	11.7	—	—	—
		10.0	2.172	2.457	11.6	37	257	2.172	2.457	11.6	—	—	—
2	藤野 砕 石 粉 (No. 1)	5.0	2.188	2.445	10.5	16	324	2.193	2.445	10.3	20	96	29.6
		7.5	2.194	2.446	10.3	19	456	2.199	2.446	10.1	28	111	24.3
		10.0	2.206	2.448	9.9	25	522	2.208	2.448	9.8	32	248	47.5
3	フライアッシュ (No. 1)	5.0	2.147	2.412	11.0	19	347	2.149	2.412	10.9	30	215	62.0
		7.5	2.137	2.398	10.9	22	284	2.141	2.398	10.7	32	188	66.2
		10.0	2.150	2.384	9.8	25	225	2.160	2.384	9.4	38	162	72.0
4	高 炉 滓 粉 (88μ残 10%)	5.0	2.149	2.456	12.5	13	334	2.144	2.456	12.7	19	252	75.4
		7.5	2.182	2.463	11.4	18	470	2.180	2.463	11.5	20	394	83.8
		10.0	2.192	2.471	11.3	23	567	2.194	2.471	11.2	25	505	89.1
5	石 灰 石 粉	5.0	2.134	2.445	12.7	19	318	2.130	2.445	12.9	28	248	78.0
		7.5	2.171	2.448	11.3	24	440	2.132	2.448	11.4	29	375	85.2
		10.0	2.173	2.450	11.3	28	553	2.176	2.450	11.2	32	480	86.8
6	フライアッシュ セ メ ン ト	5.0	2.199	2.452	10.3	23	230	2.204	2.452	10.1	25	363	157.8
		7.5	2.179	2.457	11.3	29	351	2.184	2.457	11.1	32	457	130.2
		10.0	2.208	2.462	10.3	33	495	2.216	2.462	10.0	39	625	126.3
7	B 種 高 炉 セ メ ン ト	5.0	2.190	2.458	10.9	21	417	2.195	2.458	10.7	18	487	116.8
		7.5	2.202	2.460	10.5	19	435	2.199	2.460	10.6	15	600	137.9
		10.0	2.220	2.475	10.3	15	490	2.222	2.475	10.2	14	806	164.5
8	然別浮選廃石	5.0	2.145	2.448	12.3	18	372	2.154	2.448	12.0	15	302	81.2
		7.5	2.175	2.452	11.3	19	467	2.165	2.452	11.7	20	375	80.3
		10.0	2.188	2.456	10.9	13	514	2.193	2.456	10.7	22	425	82.7
9	浮 遊 選 鉱 滓 (1)	5.0	2.126	2.447	13.1	24	214	2.129	2.447	13.0	30	191	89.3
		7.5	2.127	2.450	13.2	30	260	2.132	2.450	13.0	36	207	79.6
		10.0	2.134	2.453	13.0	35	275	2.136	2.453	12.9	42	215	78.2
10	浮 遊 選 鉱 滓 (2)	5.0	2.139	2.445	12.5	19	145	2.142	2.445	12.4	30	105	72.4
		7.5	2.164	2.448	11.6	26	183	2.164	2.448	11.6	31	126	68.9
		10.0	2.193	2.450	10.5	20	241	2.193	2.450	10.5	26	114	72.2
11	浮 遊 選 鉱 滓 (3)	5.0	2.177	2.449	11.1	28	358	2.180	2.449	11.0	30	295	82.4
		7.5	2.171	2.453	11.5	30	433	2.166	2.453	11.7	32	304	70.2
		10.0	2.182	2.457	11.2	34	455	2.179	2.457	11.3	41	280	61.5
12	唐 松 岩 粉	5.0	2.207	2.441	9.6	34	335	2.202	2.441	9.8	38	293	87.5
		7.5	2.153	2.441	11.8	25	344	2.155	2.441	11.7	30	277	80.5
		10.0	2.151	2.442	11.9	24	330	2.161	2.442	11.5	32	248	75.2

上ファイラーの混入が困難となった時の、加えたファイラーとアスファルトの比を D/A で表わしたものである。

3-2 合材の安定度試験

3-2-1 マーシャル安定度試験

供試体の作成、および安定度試験は道路工事仕様書の参考付表に示す「アスファルト混合物の安定度試験方法（マーシャル式）」に従って行なった。

3-2-2 水浸マーシャル安定度試験

水浸マーシャル試験は、マーシャル安定度試験を行なったと同じ配合の供試体について、道路工事仕様書の参考付表に示す「アスファルト混合物の安定度試験方法（マーシャル式）」の水浸マーシャル試験の方法に従って行なった。ただし、供試体の水浸の温度は $50 \pm 1^\circ\text{C}$ とし、4日間水浸させた後に試験に供した。

4. 実験の結果と考察

4-1 マーシャル安定度試験と水浸マーシャル安定度試験

実験の結果得られた合材の性状は表-4に示すとおりである。

4-1-1 マーシャル安定度試験

図-2はファイラーの配合割合がマーシャル安定度に及ぼす影響について示したものである。

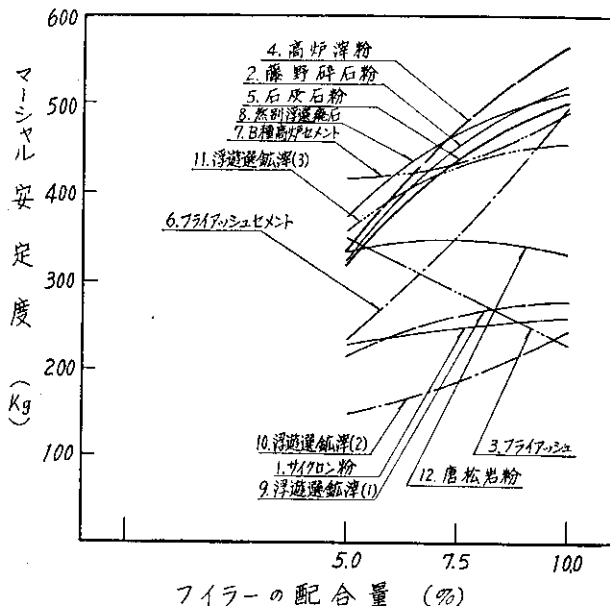


図-2 ファイラーの配合量とマーシャル安定度

この図から、フライアッシュを除く各種ファイラーは、その配合量を増加すれば安定度も増加する傾向を示しているが、安定度の増加の度合はファイラーの種類によって異なっていることがわかる。この実験では石灰石粉を含めて12種類のファイラーについて実験を行なったが、ファイラーとして使用できるためには、石灰石粉と同程度、またはそれ以

上の安定度が必要であろうと思われる。本実験で石灰石粉と比較して安定度が比較的好かったファイラーは、高炉滓粉、藤野碎石粉、然別浮選廃石、B種高炉セメント、浮遊選鉱滓(3)、フライアッシュセメントの6種類である。

4-1-2 水浸マーシャル安定度試験

図-3は、ファイラーの配合量と残留安定度の関係をファイラーの種類別に図示したもので、ここに残留安定度とは、

$$\text{残留安定度 (\%)} = \frac{\text{水浸安定度}}{\text{標準マーシャル安定度}} \times 100$$

で定義されるものである。

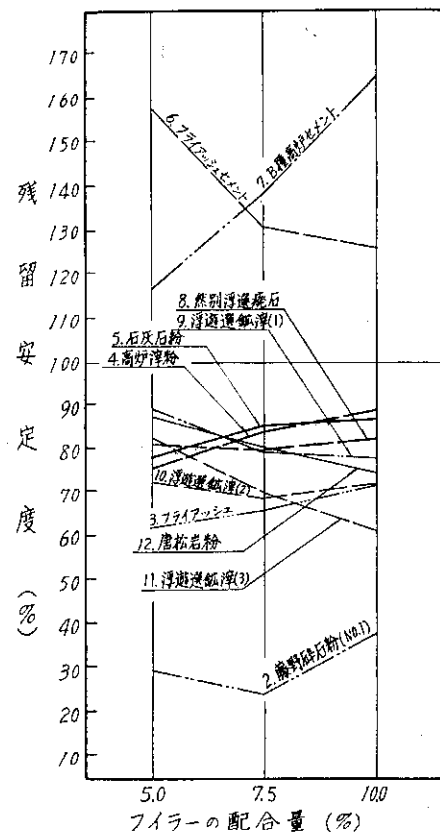


図-3 ファイラーの配合量と残留安定度

水浸マーシャル安定度試験は、マーシャル安定度試験と同様に石灰石粉を含めて12種類のファイラーについて行なったが、ファイラーとして使用できるためには残留安定度の大きい、いいかえれば水による劣化性の小さいファイラーが望ましいものと思われる。本実験の範囲では、ファイラーの種類によって明確な差異を生じている。

例えば、セメント系のファイラーは残留安定度が120%以上を示し、水浸させることによって安定度が大きくなり、他のファイラーより水による劣化性が小さいファイラーといえる。一方、サイクロン粉(白)はファイラーの配合量が7.5%以上になると水浸供試体に亀裂が生じ、水による著しい劣体性を示している。

また、マーシャル安定度試験で高い値を示した藤野碎石粉や浮選鉱滓(3)は残留安定度が非常に低い値を示したり、あるいはファイラーの増加に伴い残留安定度の低下率がしだいに大きくなっている。

本実験で石灰石粉と比較して残留安定度が比較的好かったファイラーはフライアッシュセメント、B種高炉セメント、高炉滓粉、然別浮選廃石の4種類である。

したがって、石灰石粉と比較して、マーシャル安定度試験、および残留安定度で比較的好結果を示したファイラーは高炉滓粉、フライアッシュセメント、B種高炉セメント、然別浮選廃石の4種類となる。

4-2 アスファルト混入限界量とファイラーの空隙

図-4は、各種ファイラーのアスファルト混入限界量(D/A)と、英国規格 BS-812 によるファイラーの空隙量および JIS A 1104 によるファイラーの空隙率との関係をそれぞれ示したものである。

これらの図からわかるように、アスファルト混入限界量(D/A)と BS-812 によるファイラーの空隙量、および JIS A 1104 によるファイラーの空隙率との関係は、少々バラッキはあるが、空隙量または空隙率が小さくなるに従って、アスファルト混入限界量は大きくなり、普通方眼紙上で直線で表わされる関係がある。また、これらの関係から空隙の多いファイラーは空隙の少ないファイラーに比べ、アスファルト混入限界量、いかえれば、D/A が小さい値となってい

るといえる。

また、マーシャル安定度試験、および残留安定度で石灰石粉と比較して比較的好結果を示した高炉滓粉、フライア

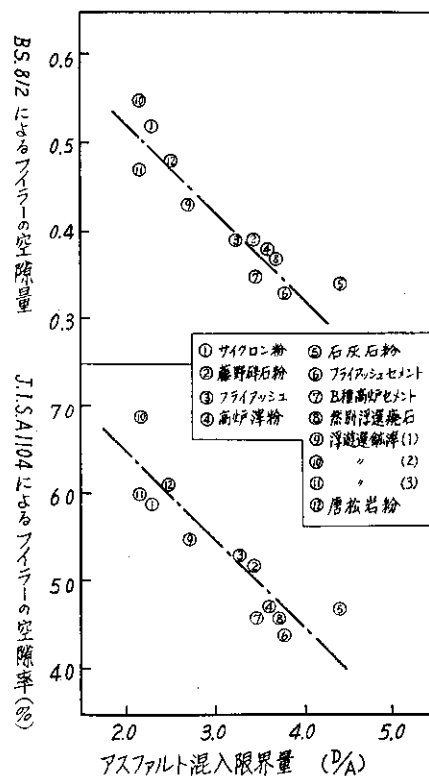


図-4 アスファルト混入限界量とファイラーの空隙

表-5 ファイラーの化学分析表

番号	ファイラーの種類	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe	Fe ₂ O ₃	Mn	MnO	MgO	S	BaSO ₄	Pb	Zn	FeO ₃	CaCO ₃	SO ₃	ig loss
1	サイクロン粉 (白)	55.65	6.20	2.90										1.17			
2	藤野碎石粉 (No. 1)	6.97	60.69	18.21		7.55		0.30	3.10	0.03							0.53
3	フライアッシュ (No. 1)	5.04	59.58	27.72		3.48		0.20	1.99	0.03							1.00
4	高炉滓粉 (88μ残10%)	40.6	36.0	13.8		0.4		0.7	5.0	0.9							0.0
5	石灰石粉		0.96	痕跡		0.25			0.83						55.49		42.34
6	フライアッシュセメント (B種)	53.4	18.3	4.9		2.8			1.2							1.2	0.8
7	B種高炉セメント	57.1	25.1	9.4		2.4		0.6	2.6	0.4						1.4	0.2
8	然別浮選廃石	0.25	72.26	5.84	2.10		4.80		2.18		0.42						
9	浮選鉱滓 (1)		91.18	1.09	2.68					0.19		0.16	0.03				
10	浮選鉱滓 (2)		85.30	2.17	3.24					1.17		0.12	0.08				
11	浮選鉱滓 (3)		85.30	2.17	3.24					1.17		0.12	0.08				
12	唐松岩粉		60.15	18.30	6.30				0.6						1.92		9.17

注：ファイラーの化学分析のデータは各会社からの資料による。

ッシュセメント，B種高炉セメント，然別浮選廃石のファイラーはアスファルト混入限界量 (D/A) が3.5以上で，BS-812によるファイラーの空隙量が0.38以下，およびJIS A 1104によるファイラーの空隙率が44%以下を示している。このことから推定すれば，アスファルト混入限界量 (D/A) の値が大きく，空隙量および空隙率の小さいファイラーがよいといえそうである。これは今後の研究に待つことが多いが，興味のあることといえる。

5. む す び

以上，ファイラーの物理的性状について，新しく試みたファイラーの空隙，アスファルト混入限界量などから検討を加え，一方ファイラーがアスファルト合材に及ぼす影響については切込砂利によるアスファルト安定処理合材のマーシャル安定度，水浸マーシャル安定度から各種ファイラーの適否を石灰石粉と比較して検討を加えた。この結果，アスファルト混入限界量 (D/A)，ファイラーの空隙などがファイラー

の適否に関係がありそうなのことがわかった。また，ファイラーの粒度についても検討を加えてみたが，はっきりした関係が得られなかった。本実験では基層合材用としての適否を検討したものであるが，今後これらのファイラーについて，気象条件やタイヤチェーンによるスリヘリ抵抗性などをも考慮して表層用合材への使用の適否を検討する予定である。

参 考 文 献

- 1) 小山道義・高橋 毅・林 亀一・田沢文男：アスファルト安定処理合材の安定度に及ぼす各種填充材の影響について，土木試験所月報 第127号 (1964年1月)。
- 2) British Standard 812:1960: Determination of the Voids of Dry Compacted Filler.
- 3) B. F. Kallas and V. P. Puzinauskas: A Study of Mineral Filler in Asphalt Paving Mixtures, A. A. P. T. (1961).

注) 表-5は各会社からの資料によるファイラーの化学成分を参考のために示したものである。