

V-25

加熱アスファルト混合物の使用材料の種類と質と量
に関する考察

北見工業大学工学部 正 員 末 岡 伯 從

1. まえがき

加熱アスファルト混合物（以下、 A_s 混合物という）は、一般にアスファルト舗装要綱（以下、要綱という）の全国調査結果により分析統計的に処理された標準粒度によりアスファルト量（以下、 A_s 量という）を変え設計 A_s 量を設定する。耐摩耗 A_s 混合物はファイラーピチューメン（以下、FBという）の量とFBの中のAとFの比を重視し、一般の配合よりファイラーを多く用いている。FB法の配合設計方法は、ファイラー分を骨材粒度の中から取り上げ、これと同分量だけ他の骨材粒径に振り分ける。混合物が一定の粒度の細、粗骨材とFBが合成したと考えた場合、 A_s 量が変われば F/A の比率が一定で他の細、粗骨材量は変わる。アスモルがアスコンの結合材とする場合はアスモルの比率が一定で粗骨材量（以下、G量という場合がある）が変わり、アスモル中の A_s 量は一定である。今回の研究では、これまでの使用材料の一部と他の異なる種類の細骨材を用いたので、これまでの使用材料の試験結果も加え考察した。

2. 使用材料の種類と試験方法

アスファルトは従来から使用のシェル石油㈱のものから、日本石油㈱のストレートアスファルト80～100に変えた。今回の研究では、搬入時に使用（これを試験Ⅰとする）から期間が6年経過（これを試験Ⅱとする）したため、搬入時の会社の試験表と6年経過した後の学生実験で得られた結果を比べた（表-3）。

ファイラーは訓子府石灰工業㈱の訓子府産ファイラーと同産のスクリーニングス（炭カル、粗砕炭カル）の74 μ mふるい通過分を使用した。

細骨材は従来から使用の砂と同一産の砂、スクリーニングスで各ふるい分け後試験前に水洗いし炉乾燥し用いた。

粗骨材は従来から在る訓子府産碎石を砂同様使用前に水洗い絶乾し用いた。

使用した粒度は要綱の標準粒度を参照とし、試験Ⅰでは密粒

度アスコン（13F）⑤中央値を、試験Ⅱでは細粒度アスコン（13F）⑦のうち細骨材は下限、粗骨材は上限粒度を用いた。

アスモル、アスコンの骨材粒度決定にあたり、要綱の標準粒度を各々FB法の粒度に補正した。

表-1 使用材料の性質と配合（試験Ⅰ）

ふるい目 粒 度	149～ 297 μ m	297～ 590 μ m	590～ 1.19 μ m	2.38～ 4.76mm	4.76～ 9.52mm	9.52～ 12.7mm
細骨材（％）	37.0	25.5	37.5			
粗骨材（％）				25.0	37.5	37.5
合 成（％）	17.1	11.8	17.2	13.5	20.2	20.2
試験\産地	斜里砂		常呂砂		訓子府碎石	
比 重	2.787	2.688	2.651	2.695	2.697	2.705
吸水量（％）	0.98	1.84	2.14	0.84	0.65	0.44

表-2 使用材料の性質と配合（試験Ⅱ）

ふるい目 粒 度	74～ 149 μ m	149～ 297 μ m	297～ 590 μ m	590～ 1.19 μ m	2.38～ 4.76mm	4.76～ 9.52mm	9.52～ 12.7mm
細骨材（％）	12.0	9.0	35.0	22.1	21.9		
粗骨材（％）						40.0	42.4
合 成（％）	8.0	6.0	23.5	14.8	14.7	13.2	14.0
試験\産地	訓子府炭カル・粗砕炭カル					訓子府碎石	
比 重	2.692	2.695	2.700	2.654	2.665	2.713	2.712
吸水量（％）	0.59	0.71	0.74	0.85	0.60	0.48	0.35

Some Considerations on Working Materials with the Kinds, Quality and Amounts of Hot-laid Asphaltic Mixtures by Noritsugu SUEOKA

3. 使用材料の種類と性質の比較

3-1 アスファルト

表-3 はアスファルト製造日の試験と本学で6年を経た試料を比較した。残留針入度は92.4%でかなり硬化している。アスファルトの保存状況は次年度より低温室で恒温水槽を用い凍上試験を実施して低温に保たれていた。比重は薬品など使用で不慣れのため会社の試験表による。混合・締固め温度の決定は各年度試験の前にセイボルトフロール秒試験を実施し、これを用いた。

3-2 ファイラー

ファイラーは搬入時と年数を経たものと炭カルの各年度の粒度を比較すると図-1 に示す様になる。試験精度から同一産でありほぼ同一の性質を有すると思われる。炭カルは粗砕炭カルを含むため粗くなっている。比重はファイラー(鋼)2.723、(木)2.710、炭カル2.721、である。

3-3 細骨材

これまで使用の常呂産砂(粗目)の不足に際し、再度北海道舗装㈱に搬入していただいた。種類は河川砂で、前回使用砂同様、比重は2.67前後であったが吸水量が高くまた充分水洗いを必要とした。また同様の使用砂で斜里砂は74~149 μ mふるい分が少なく同粒径の比重が3.78と大きく鉄分も含まれ今回は使用しなかった。

今回初めて細骨材として使用の炭カル、粗砕炭カルは元来土壌改良剤として30kg袋入りで販売されている。また碎石を作る際に生じる2.5mm以下の道路用碎石に規定されるダストでスクリーニングスと呼ばれている。含水比0.1%程含まれていた。各性質は表-1、2 に示した。

3-4 粗骨材

これまでと今回、G量として同一種の碎石を用い試験した。これまで試験してきた比重は2.715、吸水量0.5前後であったといえるが、試験Ⅰはこれと比べ小さいが、試験誤差範囲にある。同一種の碎石では粒径が大きくなるにつれ吸水量は減少する傾向にある(表-1、2)。

3-5 細骨材、粗骨材、合成粒度

要綱に示される標準粒度は、単に粗骨材の多いものを粗粒度、細骨材の多いものは細粒度、締め固まりやすいものは密粒度、空隙の大きくきめの粗いものは開粒度と呼ばれ2.5mm付近の骨材粒径の抜けた粒度をギャップ粒度と称している。不連続な粒度以外は、フラー曲線に近似の粒度曲線を呈している。このことからすれば本研究の今回の合成粒度は、ギャップ型密粒度アスコンと、フラー曲線型細粒度アスコンと見なすこともできる。

表-3 アスファルトの性質と再現性

試験項目		会社	本学平均(範囲)
針入度		90	83.2 (± 3.9)
軟化点(℃)		47.5	47.6 (± 1.5)
針入度指数		-0.4	-0.63 (± 0.15)
伸度 (cm)	5℃	—	8.0 (± 1.0)
	15℃	100以上	100以上
薄膜加熱	質量変率(%)	0.02	0.04(± 2.0)
	針入変率(%)	62	74.7 (± 4.8)
蒸発減量	質量変率(%)	0	0
	針入変率(%)	98	102 (± 2.0)
比重		1.0273	1.0243
セイボルト フロール秒 (sec)	120℃	400	520 (± 120.0)
	140℃	140.5	174 (± 25.0)
	160℃	66.0	73.0 (± 9.0)
	180℃	35.5	37.5 (± 2.5)

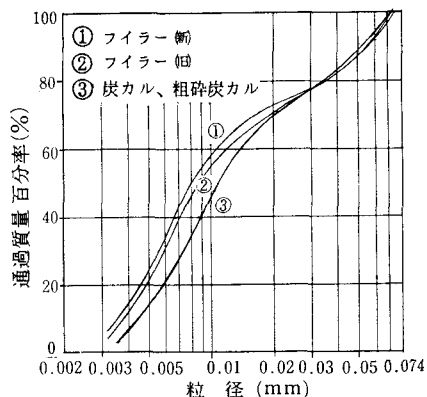


図-1 ファイラー粒度の比較

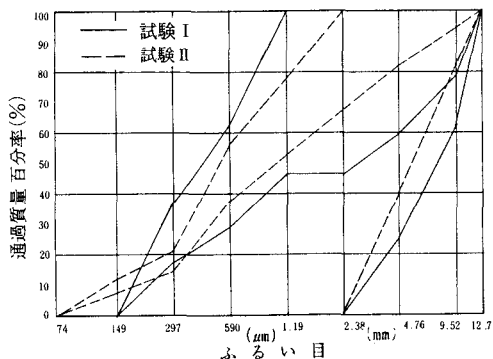


図-2 細・粗骨材粒度と合成粒度

表－４ 試験Ⅰの試験結果

G／S	F／A	最大S _i (kg)	同点の A _s 量(%)	同点の F _i 値 (1/100cm)	最大D _m (g/cm ³)	同点の A _s 量(%)	同点の V _v (%)	同点の V _{fs} (%)	最 小 V _{ms} (%)	同点の A _s 量(%)
68.16／31.84	1.0	887	5.04	31.5	2.448	5.35	1.6	88.5	14.23	5.10
63.16／36.84		778	4.79	25.0	2.429	5.21	2.1	85.0	—	—
58.16／41.84		682	5.21	23.5	2.403	5.35	3.4	79.0	15.70	5.10
71.67／28.33	1.5	943	4.19	28.0	2.468	4.85	1.4	88.0	—	—
66.67／33.33		928	4.63	32.0	2.468	4.65	1.9	82.5	12.93	4.50
61.67／38.33		685	4.50	27.5	2.459	5.00	1.6	82.0	13.52	4.80
55.00／45.00	2.0	942	4.20	27.0	2.440	4.80	2.5	80.5	13.90	4.80
50.00／50.00		865	4.20	22.0	2.420	4.88	3.3	76.0	—	—
45.00／55.00		873	4.50	23.0	2.298	4.90	4.7	72.0	15.80	4.70
53.90／46.10	1.0	693	5.63	29.5	2.404	5.80	3.1	83.5	16.20	5.60
	1.5	776	4.36	22.5	2.417	5.00	3.1	79.5	—	—
	2.0	966	4.39	22.0	2.448	4.90	2.3	83.0	13.82	4.55

4. 試験方法の手順

4－1 アスモルがアスコンの結合材とする場合の計算方法

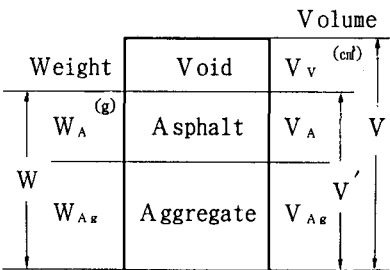
アスモルがアスコンを結合材とする場合、要綱による設計A_s量を設定するのに用いる飽和度（V_{fs}）、骨材間隙率（V_{ms}）の計算方法と同様に次式の様に、計算することが出来る。

$$V_{fm} = \left(\frac{V_A + V_F + V_S}{V_v + V_A + V_F + V_S} = \frac{V_m}{V_{mg}} = \frac{V_{mg} - V_v}{V_{mg}} \right) \times 100 (\%)$$

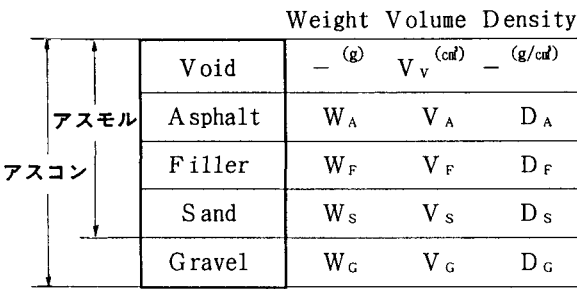
$$V_{mg} = \left(\frac{V_v + V_A + V_F + V_S}{V} = V_v + V_m \right) \times 100 (\%)$$

$$V_m = \left(\frac{100}{D_t} - \frac{W_g}{G_g} \right) \times D_m (\%)$$

ここに V_{fm}：アスモル飽和度（％）
V_{mg}：粗骨材間隙率（％）
W_g：粗骨材の配合率（％）
V_m：アスモルの容積百分率（％）
D_t：理論最大密度（g/cm³）
G_g：粗骨材の比重



図－３ 一般の計算方法による組成図



図－４ ＦＢ法の計算方法による組成図

4-2 アスモルを結合材とする

アスコン供試体の作製方法

(1) 試験Ⅰについて

今回の試験方法は前回の場合と同様の方法で試験した。

最初に $F/A=1.0, 1.5, 2.0$ としアスコン供試体を作成し、各々の最大 S_t 点の A_s 量を求めた。

各々、 A_s 量=9.5%、 A_s 量=8.25%、 A_s 量=7.5%であったので、 $A:F:S$ を一定にした配合、すなわち、アスモルの質と量の試験を実施した結果は、図-5であり、最大 S_t 点の各々 A_s 量=3.5%、 A_s 量=2.75%、 A_s 量=3.75%であった。この場合の G を一定とする。すなわち、 $F/A=1.0$ の場合、 $A:F:S:G=3.5:3.5:29.84:63.16$ となり、 $G/S=63.16/36.84$ とした。さらにこの配合比より G の割合を5%前後させた $G/S=58.16/41.84$ 、 $G/S=68.16/31.84$ として A_s 量を変え試験した。 $F/A=1.5, 2.0$ の場合も同様で、共通粒度を $G/S=53.9/46.10$ とした。

(2) 試験Ⅱについて

試験Ⅱでは、使用材料を前述のスクリーングスと碎石を用いて試験した。 $F/A=1.5$ に固定し、 $G/S=0, 20/80, 30/70, 40/60, 60/40$ とした。

この試験では、アスコン中のアスモル分の質の状態を前述のアスモル分の密度を指標とする計算方法を用いて、従来のマーシャル試験結果の方法も加え検討した。

4-3 試験Ⅰと試験Ⅱの使用材料

試験ⅠとⅡの使用細骨材は、Ⅰは砂、Ⅱはりょう角にとむスクリーングスであり、砂に関しては従来からの実験研究のデータが多くあり、Ⅱに関しては最初の実験であったので、各々の試料を比較し検討した。

4-4 配合試験における方法の違い

要綱法の場合、 F/A を一定にする場合、アスモル分を一定にする場合の各々、いずれも A_s 量を基準にして、 S_t 、 F_i 値、 D_m 、 V_v 、 V_{fa} 、 V_{ma} などを計算する様になっている。本来、 A_s 量が変わると各々の粒径も変わり骨材構造上からも異質といえる。今後、 A_s 量、 FB 量、アスモル量が結合材との考え方から基準を変える必要が生じているので検討したい。今回は繁雑をさけ、従来通りの方法を用いた。

4-5 データ整理の方法について

これまでの報告でも分かる様に、最大 S_t 、最大 D_m 、最小 V_{ma} の点において A_s 量が求まり、各々の値は一致しない。 S_t と F_i 値とは密接な関係があり、他の要素は全て D_m 値を基に計算されている。

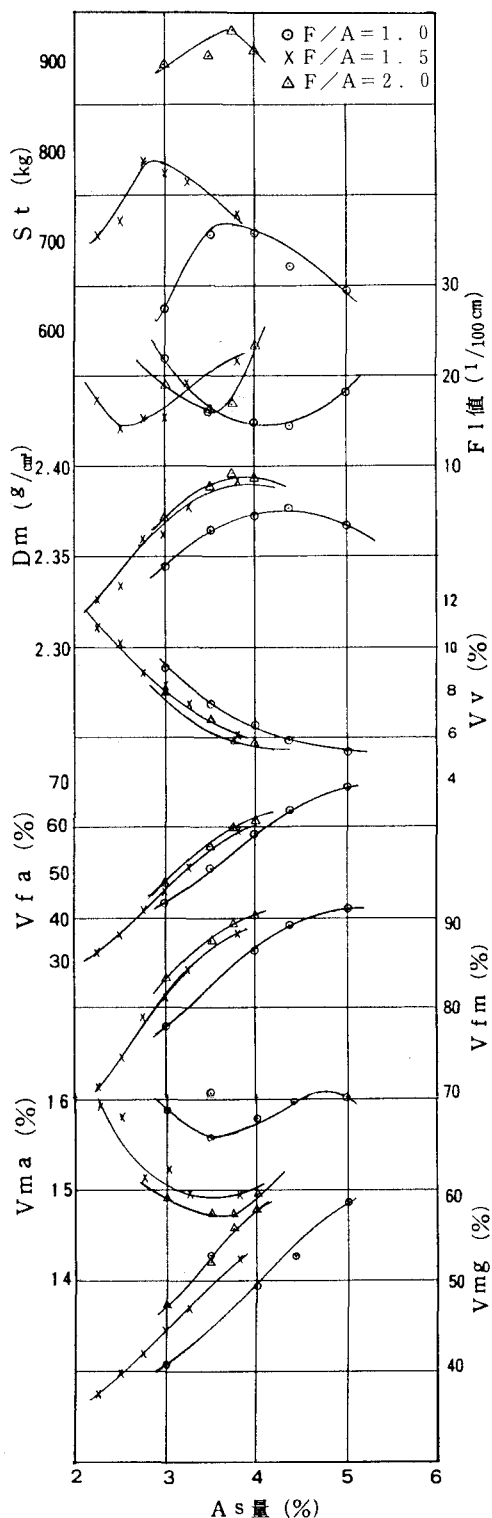


図-5 試験Ⅰのアスモルの質と量の試験結果

そのため本研究では、最大 S_t 点では F_t 値を、最大 D_m 点では V_v 、 V_{fa} 、 V_{ma} とが密接な関係にあるものと考えた。さらに今回の研究では前述の計算方法により V_{fm} と V_{mg} を追加した。

そこでデータ整理の都合上最大 S_t 点の F_t 値と最大 D_m 点の V_v 、 V_{fa} とを作図から求め整理して表示した(表-4)。

今回の試験結果とこれまでの研究において $F/A=1.0\sim 2.5$ 、 $G/S=0\sim 75/25$ と実施してきたことで分かったことを、以下の様にまとめた。

5. 試験結果と考察

5-1 F/A とマーシャル試験結果

F/A が増加すると最大 S_t は増大し同点の A_s 量は減少する。また同点での F_t 値はアスモル、アスコン、各々の粒度によっても異なってくる。

アスモルの下限(2.38~0.59mmの配合が多い粒度)では、 F/A の増加で F_t 値は増大し、 $F/A=2.5$ では減少する。上限粒度では変化が少ないが、少し増加し、 $F/A=2.5$ では減少する。

アスコンの下限(12.7~2.38mmの配合が多い粒度)では、 $F/A=1.0$ 、2.0で減少し、 $F/A=2.0$ と2.5では増大する。上限粒度では変化が少ないが、やはり $F/A=2.0$ と2.5で最大 S_t 点の A_s 量は増加する傾向にある。

このことで分かることは、アスモルの場合、細骨材が少ないとファイラーに大きく影響される。また $F/A=2.0$ まで粘着力が働いているが $F/A=2.5$ となると摩擦力に変わるものと考えられる。

アスコンの場合では、粗骨材量が多い場合には摩擦力によっており、 $F/A=2.0$ からは FB になる粘着力が増大する。アスモルと同様、細骨材が多いと、ファイラーはあまり作用しない。すなわち、 F/A が変わっても、最大 S_t 点の F_t 値は一定であり、細砂がファイラーの役割を負っていることになる。

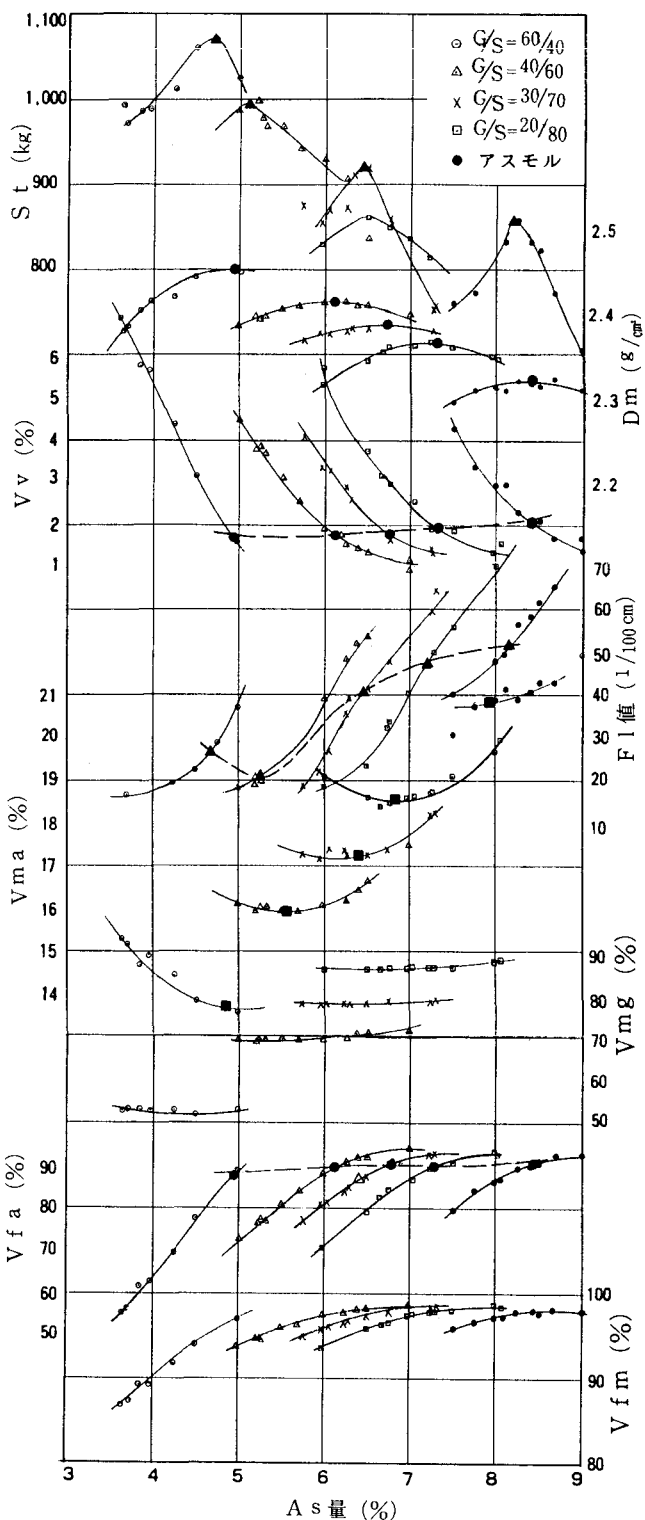


図-6 試験Ⅱにおけるアスモルの質に関する試験結果

最大 D_m の場合 F/A の増加で最大 S_t の傾向と同様に増大する。よって最大 D_m が増大すると最大 S_t も増大するが、最大 D_m 、 S_t 点の A_s 量の差の開きは、 G/S の増加に見られるより、 F/A の増加で大きくなるようである。 F/A と差 A_s 量の関係は明確でないが、 F/A の増加で差 A_s 量は増大する。 $F/A=2.5$ で減少する。 F/A の増加で、最大 D_m 点の V_v 、 V_{ma} 、 V_{mg} は減少し、 V_{fa} 、 V_{fm} は増大する傾向にあることがこれまでの実験データで分かった。

5-2 G/S とマーシャル試験結果

G/S が増加すると最大 S_t は増大し、同点の A_s 量は減少する。同点の F_t 値は明らかに減少するが、 $G/S=60/40$ 以上で増大する。供試体中の FB の働きで粘着を増すと考えられる。最大 D_m 点の V_v 、 V_{ma} 、 V_{fa} は減少するが、 V_{fa} と新たにデータに加えた V_{fm} はわずかながら減少し増大する傾向がある（図-6）。

5-3 アスモルを結合材とする場合の V_{fa} と V_{fm} 及び V_{ma} と V_{mg}

今回初めて、アスコン中の A_s 量とアスモル量、すなわち V_{fa} と V_{mg} と同様な計算から V_{fm} 、 V_{mg} を求め図示した。計算方法でも分かる通り、 V_{fa} と V_{fm} 、 V_{ma} と V_{mg} とは同じ傾向を示すと考えられた。ただ、 V_{ma} は明確に下に凸の曲線を示すが、 V_{mg} は、 G 量が一定では、 A_s 量の影響は少なく、 F/A 一定の場合に曲線にはならず、水平で変化に乏しい。 V_{fm} の場合は $G/S=60/40$ では A_s 量の影響を知ることができる。各々の計算した数値については図-5、図-6に示してある。

5-4 スクリーニングスとマーシャル試験結果

これまでの実験研究にあって、同一砂を用いたアスモルの最大 S_t 点の A_s 量の範囲は、 $F/A=1.0$ で A_s 量 $=7.7\sim 9.9$ 、 $F/A=1.5$ で A_s 量 $=7.5\sim 8.58$ 、 $F/A=2.0$ で A_s 量 $=6.25\sim 7.9$ であり、この A_s 混合物には、 $74\sim 149\mu m$ の細骨材を使用していない。試験Ⅱで用いたスクリーニングスは碎石の粉であり、りょう角にとむ細骨材であるといえる。一般にりょう角にとむ骨材をもちいると、 S_t 、 V_v 、 V_{ma} は増大、 F_t 値、 V_{fa} は減少するとされている。本研究の場合、これまでの砂と比較すると、 S_t は増大し F_t 値は減少するが、他の要因は逆となっている。このことはフラー曲線の均一粒度であることと、同一種の骨材であり、非常に密になりやすい粒度と材料であるといえる。このため、最大 S_t は大きく、同点の F_t 値は全体に小さい。最大 D_m 点の V_v は小さく、 V_{fa} も全体的に大きい。なお、アスモル分の最大 S_t 点の A_s 量は図-6から分かる様に A_s 量 $=8.08$ であり、砂と比較して割り合い多くなっている。

6. ま と め

これまで試験してきた A_s 混合物の配合方法で、単に骨材の比を一定にし A_s 量を変える方法、 F/A の比を一定にし A_s 量を変える方法、アスモルの比を一定にし A_s 量を変える方法を実施してきた。今回は後者の2通りの試験結果を報告した。また、アスモルを結合材とした新たな計算方法で V_{fm} と V_{mg} を表した。マーシャル試験結果は、同一の骨材、同一の条件等で試験してみても、少量の骨材配合の違いや試験装作の誤差などによって試験的数値は大きく変わっている。特に本研究の場合の様に、 V_{fm} や V_{mg} を表す場合には非常に精度の良い供試体を作り比較する必要が生じた。

今回の示した試験の結果から大よその傾向がつかめたので、さらに精度の面からの実験が必要となる。一般に、骨材粒子が小さいほど A_s 量を多く用いる必要があり今後は使用材料の種類と骨材粒径、粒度、表面組織の面から適量 A_s 量の関係を求め検討したい。本研究の試験方法がなんらかの参考になれば幸いである。

<参考データ>

- (1) 昭和54年度卒業研究 「密粒度アスファルトコンクリートの配合設計方法に関する実験的研究」
- (2) 昭和60年度卒業研究 「道路舗装用アスファルト混合物の粗骨材量とモルタル密度の関係に関する実験的研究」
- (3) 昭和48年度～昭和53年度卒業研究 「密粒度アスファルトコンクリートの配合設計方法に関する実験的研究」