

V-2

加熱アスファルト混合物におけるマーシャル安定度試験結果の比較

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の配合設計は、一般にアスファルト舗装要綱（以下、要綱と略す）により、経験的に与えられた粒度で、アスファルト量（以下、As量と略す）を変えマーシャル試験を行い、設計As量を設定するようになっている。この骨材粒度の中にはフィラーが含まれている。混合物は、骨材、砂の種類および形状や粒度分布の影響をうける。骨材や砂はアスファルトで被覆されながら、フィラーは異なった作用をなす。即ち、表面積の大きい細粒分を包括した形で、碎石や砂を結合し、フィラービチューメンとして粘弾性的な性質をなす。本研究は、フィラービチューメン法（以下、FB法と略す）により、F/Aを固定しAs量を変え、各骨材粒度におけるマーシャル試験結果を比較し、一部考察を試みたのでここに報告する。

2. 使用材料と試験方法

アスファルトはシェル石油（株）ストレートアスファルト80～100、針入度95、軟化点46.0、伸度+100蒸発減量0.04%、薄膜加熱0.1%、蒸発後針入度88薄膜後針入度58.1、PI-0.6、比重1.022、混合温度151～157℃、締固め温度140～144℃である。フィラーは訓子府産0.074mm以下で均等係数3.68、曲率係数0.723、比重2.723である。粗骨材（Gとして表す）は訓子府産で13～5mm分の比重2.71、吸水量0.49%、5～2.5mm分の比重は2.72、吸水量0.66%である。細骨材（Sとして表す）は粗砂（S_{II}とする）が常呂産で2.5～0.6mmの比重2.71、吸水量1.29%である。細砂（S_Iとする）が斜里産で0.3～0.15mm分の比重2.79、吸水量が0.89%、0.15～0.07mmの比重3.78、吸水量0.73%である。

骨材粒度は要綱による方法と北海道開発局（局と略す）によるF/Aを一定とする方法で試験した。まず要綱法では要綱（S42年版）の密粒度アスコンの下限粒度と局の道路工事仕様書（S42年版）の上限粒度を用いた。さらにFullerの最大密度曲線（n=0、5下限と略す）とTallbotの最大安定度曲線（n=0.3上限と略す）を用いた（図-1、表-1）。

FB法による粒度においてFを粒度に含めないため、0.07mm以下のFは各々の粒径に比例配分した。最大粒径は13mmとし要綱下限粒度では20～13mmを13～5mmに含めた。本研究ではアスコン中の質と量に着目したためアスコン中のG量をS量に比例配分しFB法でアスモルの性状も試験した。砂のふるい分けで0.15～0.74mmふるい残留分が少なかったため0.3～0.15mmに置きかえた（図-2、表の2）。

マーシャル試験は局の道路工事仕様書と要綱を参照した。

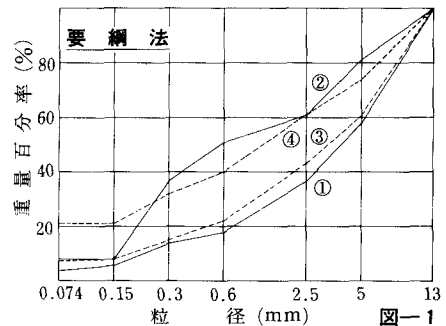


図-1
表-1

骨材 番号	訓子府碎石 粒径mm		常呂砂		斜里砂		訓子府 産フィラー
	13~5	5~2.5	2.5~0.6	0.6~0.3	0.3~0.15	0.15~0.074	
①	42	21	19	4	11	2	4
②	19	20	10	14	7	0	8
③	39	18	21	7	29	0	8
④	26	13	21	8	8	0	21

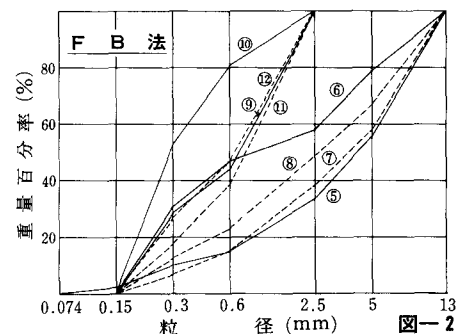
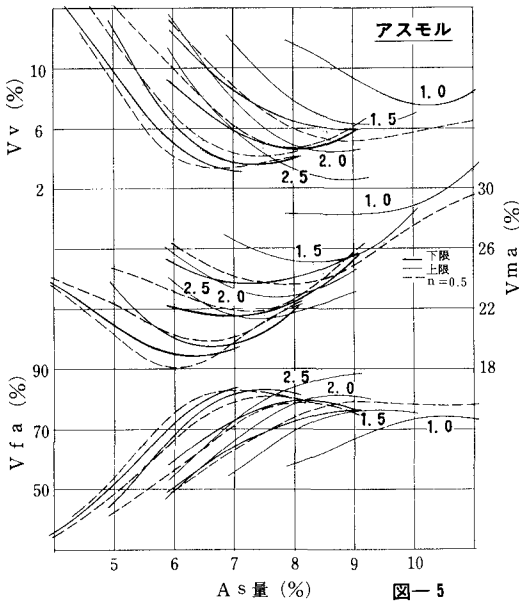


図-2

産地	訓子府砕石		常呂砂		斜里砂							
粒径	13~5		5~2.5		2.5~0.6		0.6~0.3		0.3~0.15		0.15~0.074	
要綱下	⑨	—	—	56	15	29	0					
	⑤	44	22	19	5	8	2					
局上	⑩	—	—	19	28	53	0					
0.5	⑥	22	21	11	16	31	0					
	⑪	—	—	61	21	18	0					
0.3	⑦	42	20	23	8	7	0					
	⑫	—	—	53	20	27	0					
上	⑧	33	18	26	10	13	0					

表—2



図—5

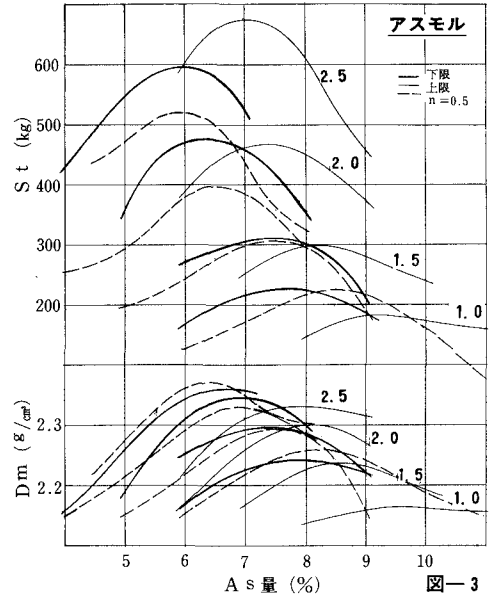
3. 配合設計について

加熱A s混合物の配合設計ではまず、材料が決まると骨材粒度の選定がなされる。本研究で用いた、要綱

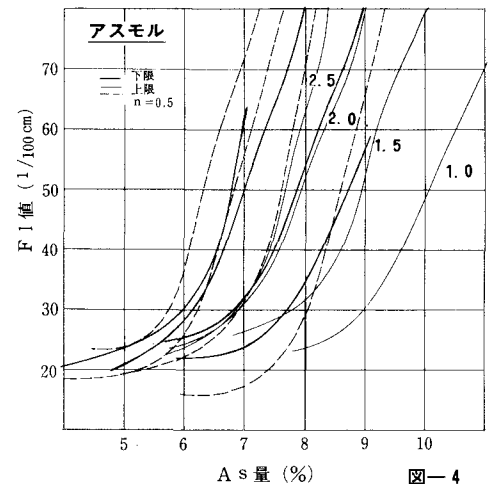
の下限粒度、局の上限粒度、 $n = 0.5$ 下限粒度、 $n = 0.3$ 上限粒度で、要綱下限と、 $n = 0.5$ 下限では粒度がほぼ等しいところから、一致するところも多い。 $n = 0.5$ 下限と $n = 0.3$ 上限は同一種類の粒度であるが、局の上限粒度は $2.5 \sim 0.6$ mmが全アスコン粒径の約10%しか含有せず、ギャップ型不連続粒度と考えていい。特に、ギャップ型では骨材空隙を取入れやすく、多量のA s、フィラーが使用可能なため、不透水性、気密性、耐久性にいい。他方、連続粒度だと空隙が小さく、少量のA sで最大安定度（最大S tと表す）、最大密度（最大D mと略す）が得やすく、適量A sの設定が重要となってくる。

A s混合物でのS tは骨材の最大粒径、性質や粒度とA sの性質に関係する。即ち、骨材中の骨組に形成される、かみ合せによる内部摩擦とA s結合部にはたらく粘着力とが考えられる。摩擦は骨材の粒径、形状で、粘着はA sの性状で決まる。簡単にいえば、粗大な粒は摩擦、微細な粒子は粘着である。

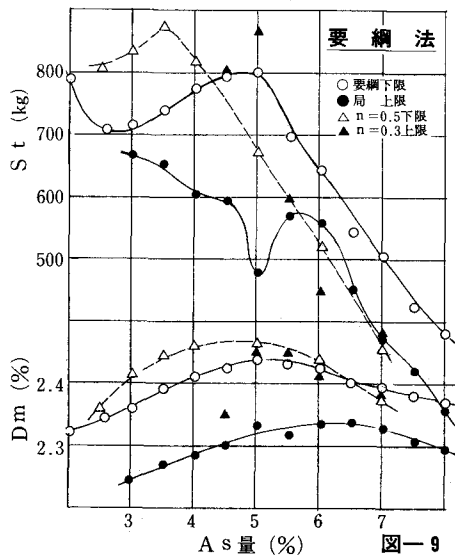
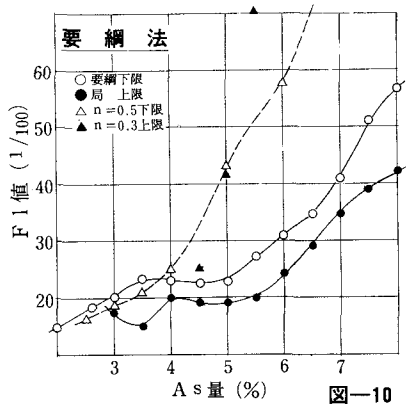
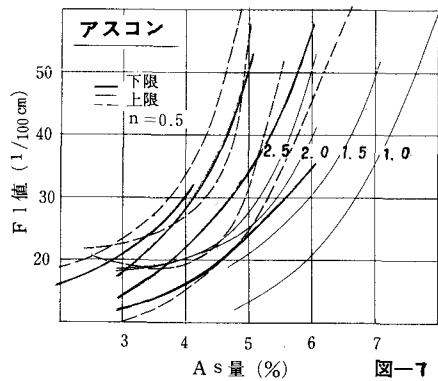
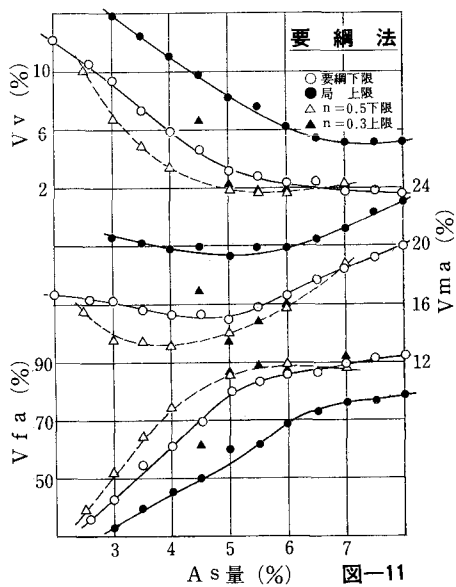
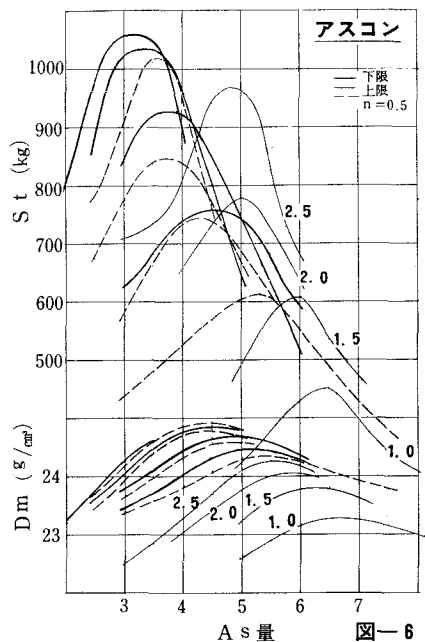
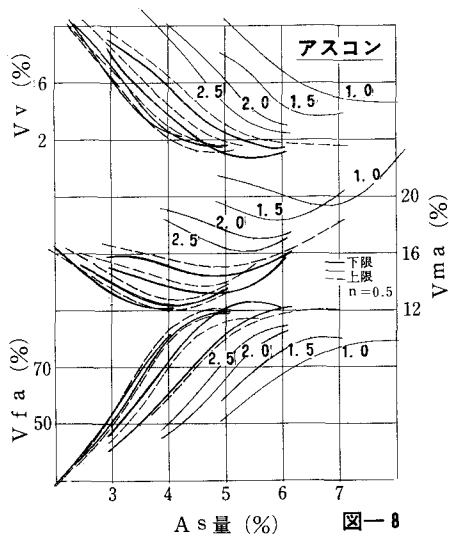
舗装の表層、基層に用いる舗装体はA s混合物の配合に左右されるところが大きい。粗大な粒子も微細な粒子も適量に入り混じり、摩擦力と粘着力があるのが望ましい。道路舗装でのA sの適量は、平坦性、すべり抵抗性、たわみ性、とくには流動を起こさない舗装体が得られる。路盤支持力が大きい場合には、交差点急傾配の箇所、ブレーキをかけやすいところ、オーバーレイの場合、A sを多くすることも可能である。



図—3



図—4



4. マーシャル試験について

一般に、マーシャル試験から、設計A s量は設定される。試験結果よりA s量を横軸に、Dm、V v、V f a、S t、F l値を縦軸とし、算術目盛で、測定値をプロットしなめらかな曲線で結び、基準値を満足するA s量範囲を決める。A s量が増すとF l値、V f aは増加し、V vは減少する。S tとDmは、A sの増加により普通の締固め試験とほぼ同じ状態を示す。即ち、半固体、弾性体、塑性、半粘性流体の状態である。はじめA sの分布が一樣でないため骨材の一部が密であったり、疎であったりし、A sがしだいに増すと粒子間のA sが各粒子に付着し、A s混合物中のA s、V v、V a gが互いに強いつながりをもち強度が上がる。さらにA sが増すと、粒子の大きな移動は拘束され、V vは小、Dmは最大となる。なおもA sが加わり、A sに完全におおわれ、粒子相互の凝集力を失い、粘性液体的になる。A s量が増加してもV vは、ある値以下には下がらない性質があり、普通は1.5～2.0%である。混合物の種類や目的によって基準値が決められている。密粒度アスコンでは、V vが3～6%、S tが70～85%、F l値が20～40である。

マーシャル試験は、最大粒径25mm以下の加熱A s混合物まで適用でき、供試体直径約10cm、厚さ約6.3cmの円筒形で、側面から円弧形の2枚の載荷ヘットではさみ直径方向に荷重を加える。

供試体が破壊するまでに示す最大荷量（S t）とそれに対応する変形量（F l値）を記録する。

表層混合物の特性値と試験舗装において、わだち堀れ量の関係を試験したところによると、V v、V f a、S t/F l値とわだち堀れ量とは、ある程度の相関はみられたが、S tとF l値との相関は劣っているとされ、S tが高いほど、F l値が小さいほど、わだち堀れ量が小さくなるのは事実ではあるが、直接流動に対する抵抗を評価するものではなく、配合の手段として、マーシャル試験は利用されうる。

5. 試験の結果について

図-3、4、5はアスモル、図-6、7、8はアスコン、図-9、10、11は要綱法、各々の試験結果を図示した。図-3より、局の上限、要綱の下限、m=0.5下限の順で、粗砂2.5～0.3mm（S_{II}）が47%、71%、82%と多くなるが、S tはF/A=2.0、2.5で明らかな差が現われてくる。細砂0.3～0.15mm（S_I）が多い要綱の下限はA s量は多く、S tは大きくDmは小さい。n=0.5下限は要綱の下限より細砂が5%少なく、Dmでの差は見られないが、S tは小さい。A sが多いと曲線は

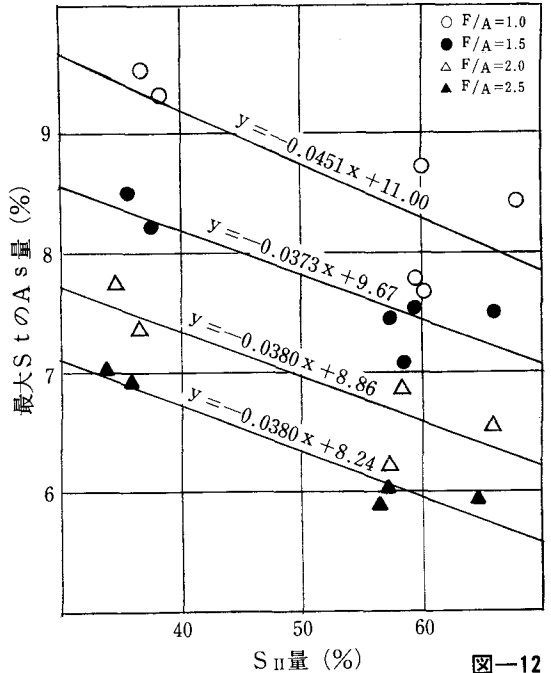


図-12

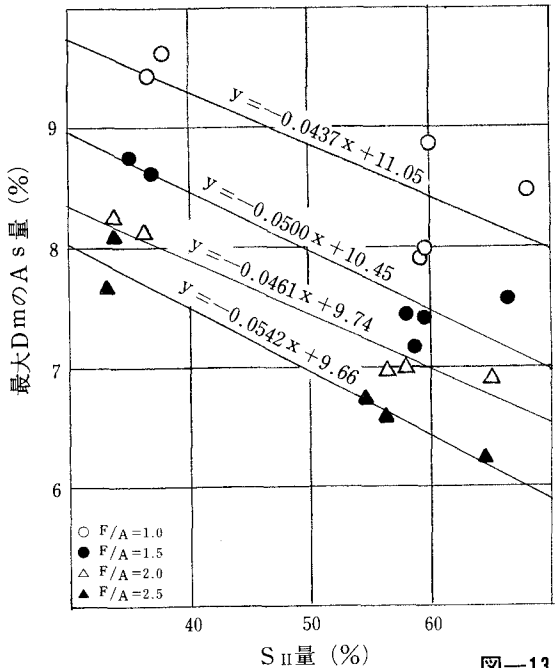


図-13

なだらかとなる。図－4、5より、局の上限ではVmaは大きい。

F l 値は急で、S t の最大近くで大きく曲がる。

図－6、8より、Gが多いとS t は大で、要綱の下限はF/Aを増してもF/A=2.0以上S t は増加しない。アスモル同様、アスコンでも細砂の量が多いとA s 量は多い。Dmは小さい。Vmaは大きい。

図－9、10、11より、n=0.5下限は要綱の下限よりS t、Dm、V f aは大きい。G量は4%少ないが、粒度が均一なためと思われる。要綱法ではFは粒度に固定されている。局の上限はF=8%であるがA s 量が増すとF/Aは減少する。

全般に、アスコンのV v はアスモルより3%ほど小さく、V f aは10%ほど高く、Dmは大ある。

6. 試験結果の整理方法

A s 量が等間隔に配合されていると、 $A s 量 = \frac{1}{2} \left[x_2 + \frac{x_1 (y_2 - y_3)}{(y_2 - y_3) + (y_2 - y_1)} + \frac{x_3 (y_2 - y_1)}{(y_2 - y_3) + (y_2 - y_1)} \right]$

ここに x_2 、 y_2 は最大点が最小点のA s 量および測定値、 x_1 、 x_3 は最大点か最小点の左右の点のA s 量、 y_1 、 y_3 はその測定値で、求める最大A s 量、最小A s 量は、この式に数値を代入し求められる。

表－3、4では、n=0.3上限のアスコン、アスモルにおける試験結果をA s 量ごと平均し、整理した。ここでは、最大S t、最大Dm、最小VmaのA s 量が求められる。アスコンは、最大S t のA s 量=3.82%、最大DmのA s 量=4.40%、最小VmaのA s 量=4.20%である。アスモルは、最大S t のA s 量=6.00%、最大DmのA s 量=6.57%、最小VmaのA s 量=6.23%となる。

A s 量が分ると、粒度の配合比が分っているから、A、F、S、Gの配合比が定まる。表－5では、実際のアスモル、アスコンを比較し、アスコン中のG量を抜いた場合の換算アスモルA s 量を求めた。換算アスモルA s 量と実際のアスモルA s 量の差が差A s 量であり、G量と差A s 量の関係を図－14に示した。

表－3 n=0.3 上限 アスコン F/A=2.5

A s 量 (%)	S t (kg)	F l 値 (1/100 cm)	Dm (%)	V v (%)	V f a (%)	Vma (%)	S t/F l 値 (100 kg/cm)
3.0	840.8	21.1	2.377	7.70	47.5	14.7	39.8
3.5	935.2	23.2	2.426	5.13	61.8	13.4	40.3
4.0	958.8	26.2	2.467	2.69	78.2	12.4	36.6
4.5	817.2	37.6	2.477	1.56	87.5	12.5	21.7
5.0	637.6	60.8	2.453	1.76	87.3	13.8	10.5

表－4 n=0.3 上限 アスモル F/A=2.5

A s 量 (%)	S t (kg)	F l 値 (1/100 cm)	Dm (%)	V v (%)	V f a (%)	Vma (%)	S t/F l 値 (100 kg/cm)
5.0	467.6	26.6	2.253	9.38	54.0	20.40	17.6
5.5	538.5	25.6	2.294	7.02	63.8	19.37	21.0
6.0	571.5	33.0	2.347	4.19	76.7	17.97	17.3
6.5	538.5	50.0	2.358	3.04	83.1	18.04	10.8
7.0	477.0	68.6	2.352	2.60	86.2	18.71	6.9

表－5 n=0.3 上限 F/A=2.5

G/S=(51/49)		A	F	S	G
S t	アスモル	6.00	15.00	79.00	—
	アスコン	3.82	9.55	42.45	44.18
	換算アスモル	6.84			—
Dm	アスモル	6.57	16.43	77.00	—
	アスコン	4.40	11.00	41.45	43.15
	換算アスモル	7.74			—
Vma	アスモル	6.23	15.58	85.30	—
	アスコン	4.20	10.50	41.80	43.50
	換算アスモル	7.43			—

表－6 n=0.3 上限 アスモル S II/S I=73/27

F/A	最大	A	F	S I	S II
1.0	S t	8.74	8.74	22.28	60.24
1.5		7.50	11.25	21.94	59.31
2.0		6.81	13.62	21.49	58.08
2.5		6.00	15.00	21.33	57.67
1.0	Dm	8.86	8.86	22.21	60.07
1.5		7.40	11.10	21.97	59.53
2.0		7.04	14.08	21.29	57.59
2.5		6.57	12.43	20.79	56.21

G量と差A s量は片対数紙上で直線となる。同様に、アスモルの場合にも、粒砂 S_{II} (2.5~0.3mm)量とA s量の関係を表一6のように計算し図一12、図一13に示した。

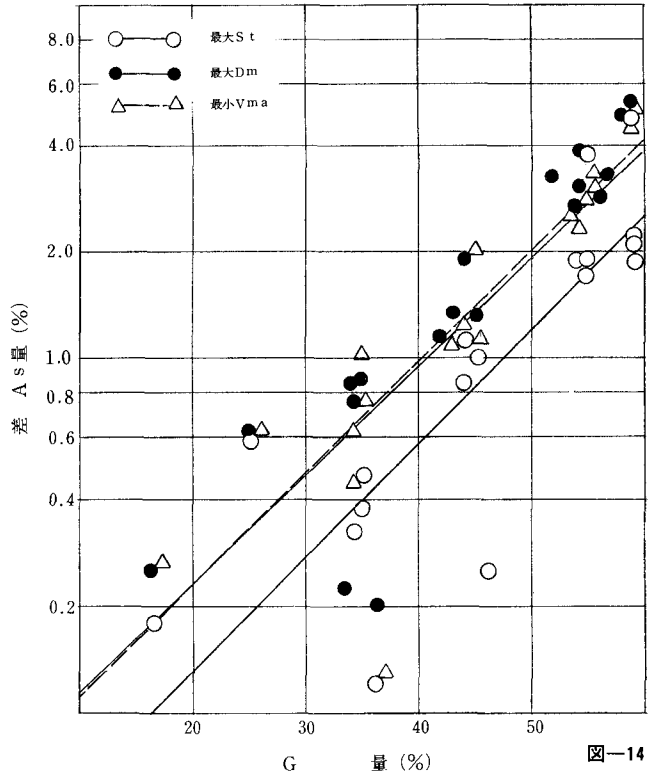
7. 粒度から適量A sの算定

適量A sの推定方法は、過去の経験より、試験式を作って計算的に求める方法が各種いろいろ考えられている。

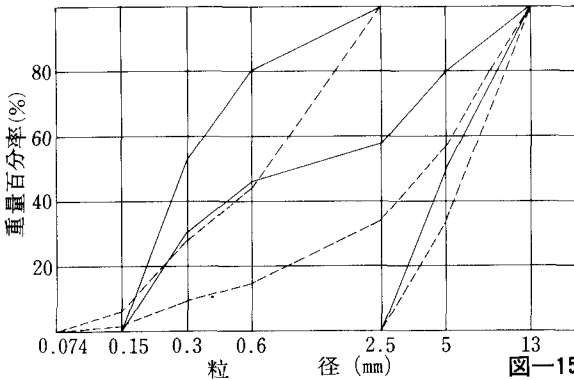
しかし、FB法で算定する方法はあまりなされていない。本研究では、グラフより適量A sを求めることが出来るが、実際のA s舗装に直接適用するものではない。適量A s量は、骨材の粒径、粒度、粒形、表面組織によっても異なることから、骨材条件によって適量A s範囲を推定し、異種のA sでも試験し、最も経済的なA s量を決定する必要がある。

本研究は下記年度における本学の卒業研究である。記して感謝の意を表す。

なお、図一15、16は、アスモルの量について試験した結果の一部であり、下記に示す。



図一14



図一15

〈卒業研究〉

昭和48年度

遠藤、川合、中谷、村上、渡辺

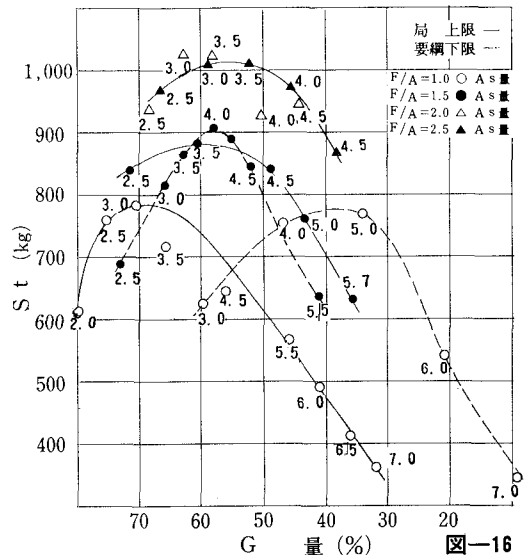
昭和49年度

谷内、常盤、豊島、中野渡

昭和50年度

秋場、渋谷、山元

「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」



図一16