

アスファルト混合物の粘弾性的研究

上 田 満*・本 田 諭**

Viscoelastic Study of Asphalt Mixtures (2 nd Report)

Mitsuru UEDA and Satoshi HONDA

Abstract

It was mentioned in the first report that the viscoelastic constant can be decided by using the method of least squares, and also the compressive test subjected to a linearly increasing strain $\epsilon_0 t$ was tried at different rate of strain and amount of filler. It is generally said that the stability value of asphalt mixture is largely affected by amount of asphalt, so we must also make a special study of amount of asphalt in asphalt mixture. In this paper, authors intend to examine the nature of asphalt in viscoelastic respect. From these study, if we can decide the proportion of asphalt mixture, it is very useful thing. For practical purposes, we must deal with two or three layers of viscoelastic bodies, but in its case, it is very difficult to determine the viscoelastic constant. From now on, we can also regard soil as viscoelastic body, and viscoelastic behavior of soil will be largely studied by many investigators. Anyway, a great many problems about the viscoelastic bodies are left without being solved. The compressive test subjected to a linearly increasing strain $\epsilon_0 t$ was tried at different rate of strain and amount of asphalt, and its result is mentioned in this paper.

1. 緒 言

これまでにアスファルト合材に関する種々の研究がなされてきたが、これらの多くはアスファルト合材が弾性体である、という前提に基づいている。しかしアスファルト合材の載荷試験においては、速度影響の現象が現われている。一般に応力—ひずみ曲線は、急速載荷になるほど立ち最高点近くまで直線でのびる。これらの現象はアスファルト合材が弾性体であるという概念に反する性質を示していると考えられ、アスファルト合材に粘弾性的な考えを入れれば説明がつくように思われる。そこで筆者らはアスファルト合材を粘弾性的理論に基づいて研究をしてみることにし、アスファルト合材にマックスウェルモデルを適用してその粘弾性定数を求め、同時にその粘弾性定数がアスファルト量とどのように関連しているかを検討してみようと思う。

2. 実験方法

アスファルト混合物には数多くの種類があるが、筆者らはそれらのうちで代表的な粗粒度アスファルトコンクリート、密粒度アスファルトコンクリートおよびトベカの3種類について実験を行なった。

筆者らは供試体の配合にあたり、アスファルト舗装要綱の47ページに示してある加熱混合物の標準配合によつた。そのうちで粗粒度アスファルトコンクリートについては基層用、密粒度アスファルトコンクリートについては表層用について行なった。アスファルト舗装要綱には、供試体は同一種類の混合物について4個以上製作することとあるので、筆者らは各々の混合物について5個作つた。骨材としては粒度25~2.5mmまでは碎石、25~0.15mmまでは砂、0.15mm以下はフィラーで本実験では石粉を用いた。またフィラーとアスファルトの量に関しては、フィラーの量を一定とし、アスファルト量はアスファルト舗装要綱の範囲内を1.0%おきに変えて行なった。以上の配合による5個分の供試体の重量配合表をTable 1に示す。なおTable 1によつて配合された供試体の重量配合による

* 工業短期大学部土木工学教室

** 大学院工学研究科土木工学専攻

Table 1 Proportion in weight of test-piece

Kind of pavement		Coarse-grade type ascon (base)		Dense-grade type ascon (surface)		Topeka (surface)	
Item	Particle size (mm)	Percentage	Amount of using	Percentage	Amount of using	Percentage	Amount of using
Crushed stone	25~20	12.5	725	0.0	0	0.0	0
	20~13	21.0	1,218	10.0	580	0.0	0
	13~10	9.0	522	10.0	580	7.5	435
	10~5	17.5	1,015	20.0	1,160	10.5	609
	5~2.5	12.5	725	17.5	1,015	9.5	551
Coarse sand	2.5~0.6	15.0	870	19.0	1,102	25.0	1,450
	0.6~0.3	5.0	290	5.5	319	11.0	638
Fine sand	0.3~0.15	2.5	145	6.0	348	14.0	812
Filler	0.15~0.074	5.0	290	12.0	696	22.5	1,305
	0.074>						
Total of aggregate		100.0	5,800	100.0	5,800	100.0	5,800
Asphalt		4.0	242	4.0	242	5.0	305
		5.0	305	5.0	305	6.0	370
		6.0	370	6.0	370	7.0	437
		7.0	437	7.0	437	8.0	504
		8.0	504	8.0	504	9.0	574

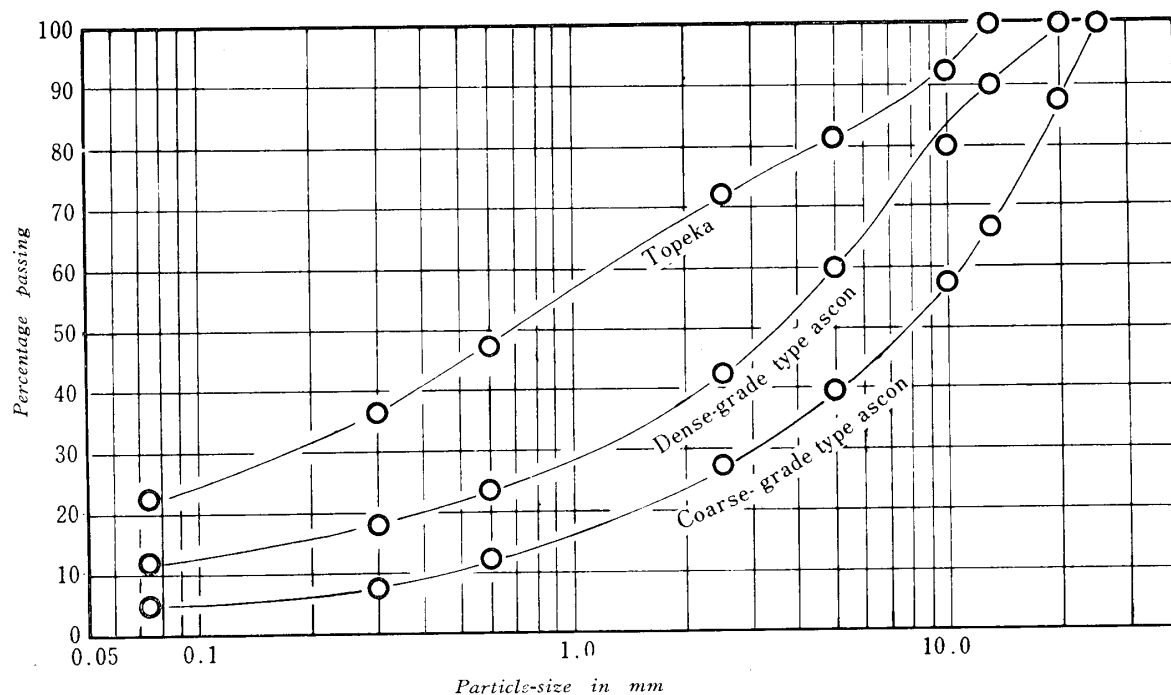


Fig. 1 Particle-size accumulation curves of aggregate

Table 2 The place of production and specific gravity of used materials

Item	Crushed stone	Coarse sand	Fine sand	Stone dust	Asphalt
The place of production	Sanyô chô	Aio chô	Toyoura chô	Mine city	Shimotsu chô
Specific gravity	2.694	2.639	2.648	2.713	1.029

おのおのの粒径加積曲線は Fig. 1 に示す通りである。また使用した材料の産地と比重は Table 2 に示す通りである。

混合にあたっては自動アスファルトミキサーを使用せず、鉄製の混合なべに材料を入れて、これをガスコンロにのせ、下から加熱しながら移植ごとで混ぜた。この際アスファルトを先に入れると高温のため変質する恐れがあるので、まず骨材を入れてこれが十分温度が上がってからアスファルトを加えて混合した。混合時の温度はアスファルト舗装要綱には 145~150°C とあるので約 150°C で行なつた。

混合が完了したら締固めを始める。この締固めには自動締固め機械を用いた。まずモールドに混合物をつめて、突き棒で全面を平均に 25 回突き、ついで表面を平らにして、温度計をこの中心に立て所定の温度になつたら締固めを始める。この締固め温度は大体 120°C とした。つぎに混合物を入れたモールドを突固め台の上におき、重量 4.5kg、落下高 45.72cm のランマーで裏表 50 回づつ突固める。その後供試体のはいつたモールドを少なくとも 2 分間水中に入れて冷却し、供試体を抜き出し載荷試験を行なうまで平らな面においておく。載荷試験は供試体成形後約 24 時間で行なう。筆者ら

の実験はマーシャル試験機ではなく、圧縮試験機により粗粒度アスファルトコンクリート、密粒度アスファルトコンクリートおよびトベカのおのおのについてひずみ速度を、1 mm/min, 5 mm/min, 10 mm/min の 3 種に変えて試験を行なつた。載荷試験時の供試体の温度は 60°C でなければならない。このため試験を始める前に供試体を 60±1°C に調節した恒温水槽中に 40 分浸した。なおアスファルト舗装要綱には 30~60 分浸すこととある。載荷はヒズミリングのダイヤルの針が最高点に達し、下降し始めるまで続ける。このときひずみ速度が 1 mm/min の場合には 30 秒ごとに、5 mm/min の場合には 6 秒ごとに、10 mm/min の場合には 3 秒ごとにヒズミリングの目盛を読みとる。

3. 実験結果

実験はひずみ制御方式で行なつたが、荷重とひずみ量との関係は Fig. 2~10 に示すようになつた。これらの図から第 1 報に示した Eq(18) を用いて、試算法により求めたスプリング定数 ν およびダッシュポット定数 ν' とアスファルト量との関係は Fig. 11~19 に示す。

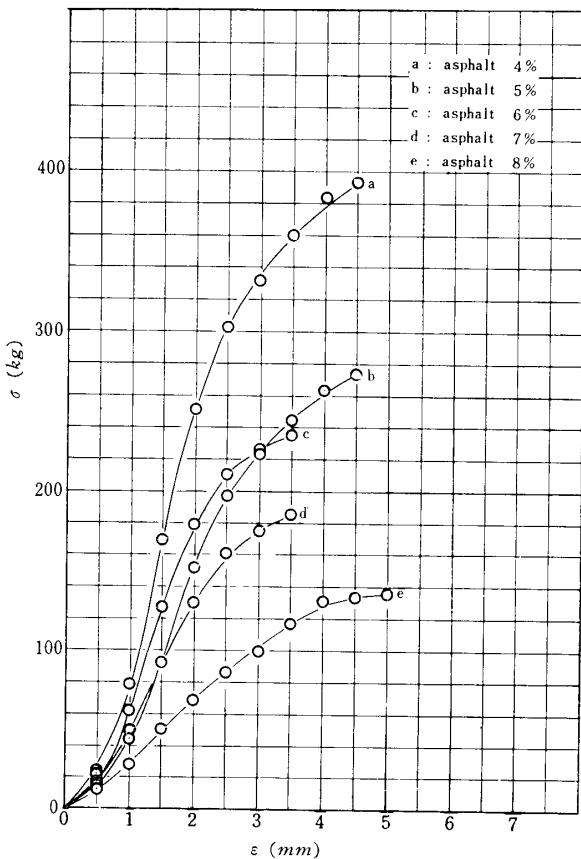


Fig. 2 Coarse-grade type asphalt concrete in the case of $\epsilon_0 = 1 \text{ mm/min}$

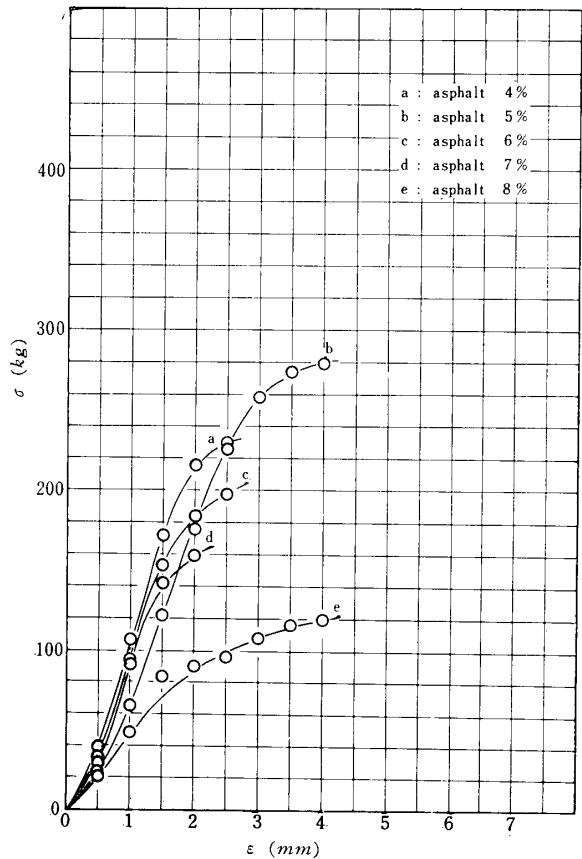


Fig. 3 Coarse-grade type asphalt concrete in the case of $\epsilon_0 = 5 \text{ mm/min}$

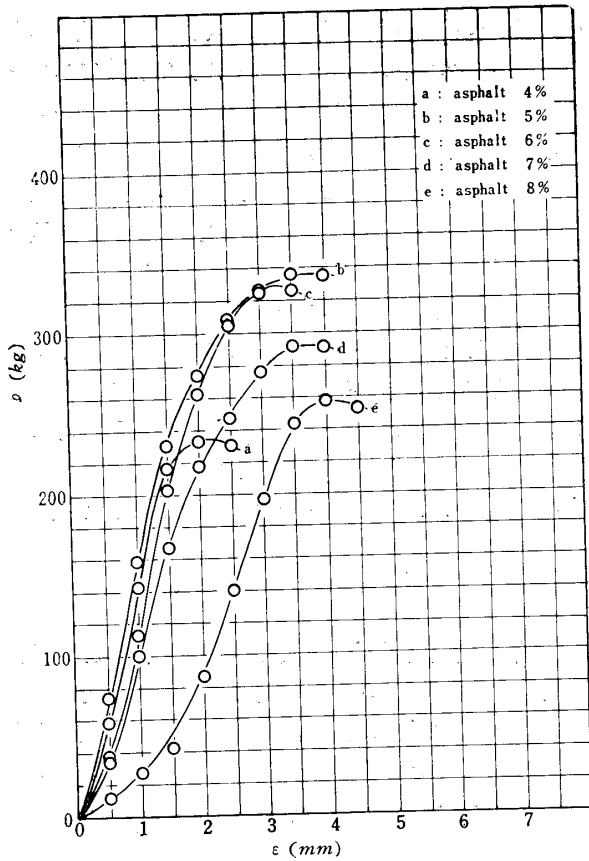


Fig. 4 Coarse-grade type asphalt concrete in the case of $\epsilon_0 = 10\text{mm/min}$

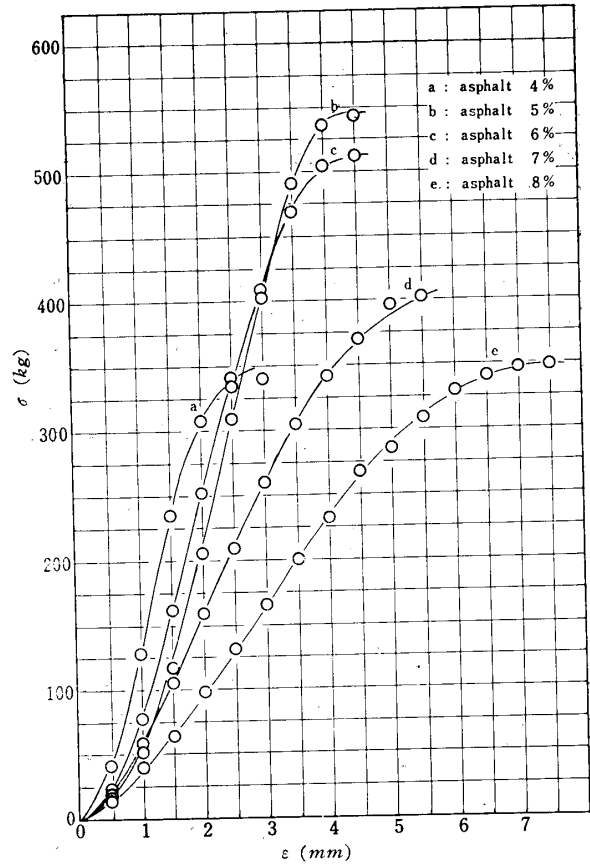


Fig. 6 Dense-grade type asphalt concrete in the case of $\epsilon_0 = 5\text{mm/min}$

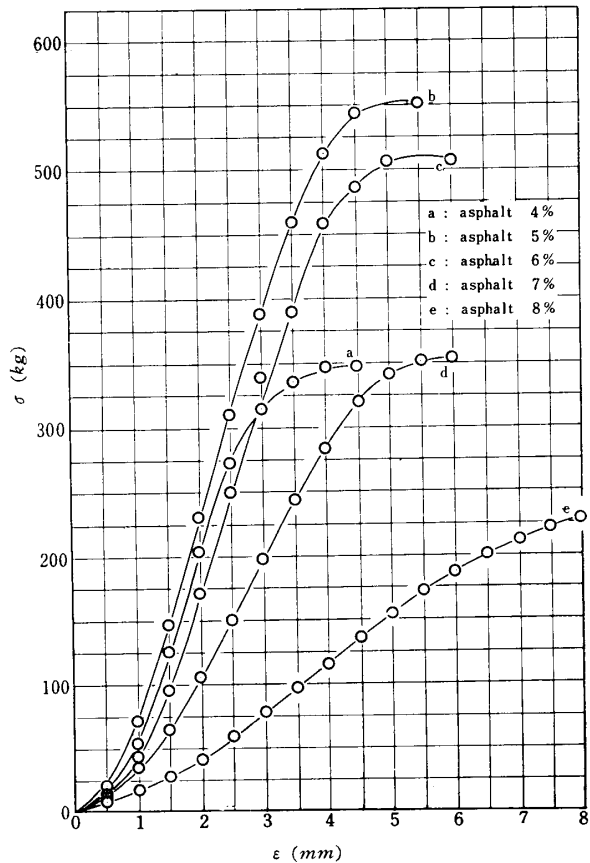


Fig. 5 Dense-grade type asphalt concrete in the case of $\epsilon_0 = 1\text{mm/min}$

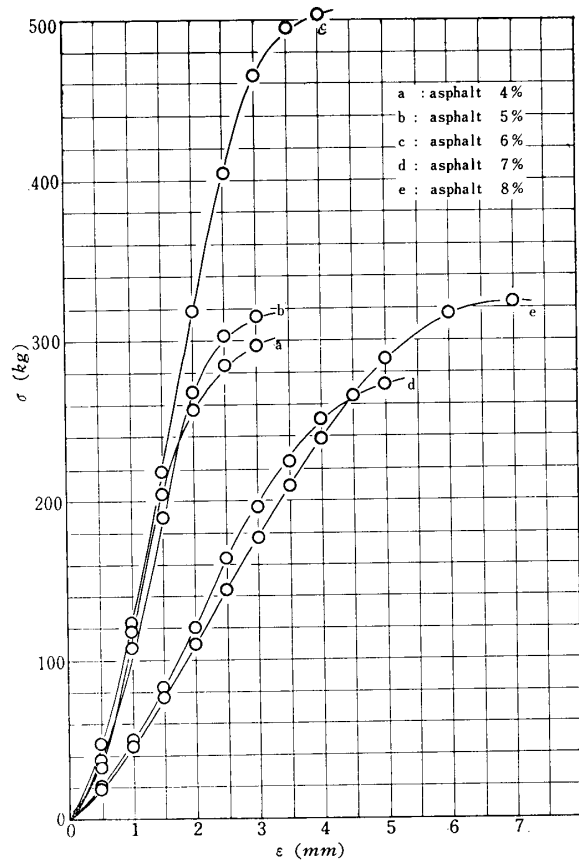


Fig. 7 Dense-grade type asphalt concrete in the case of $\epsilon_0 = 10\text{mm/min}$

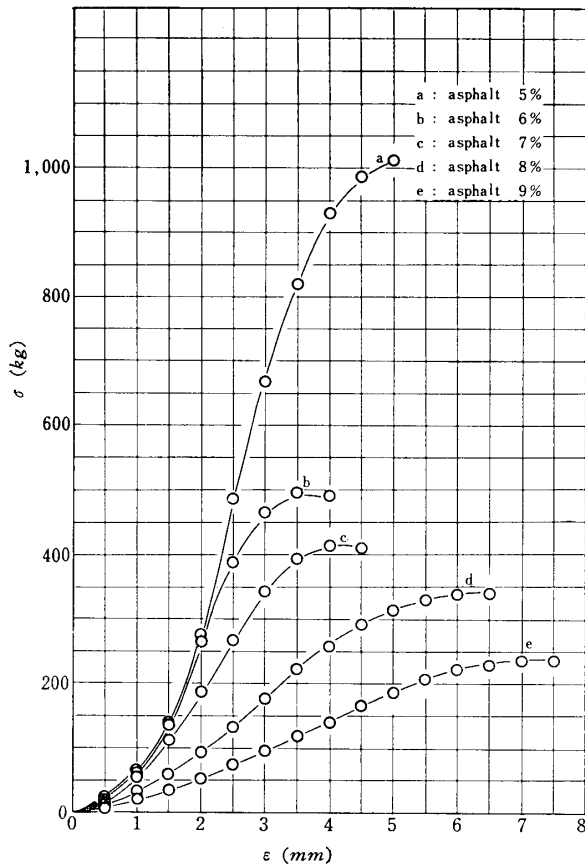


Fig. 8 Topeka in the case of $\epsilon_0 = 1\text{mm/min}$

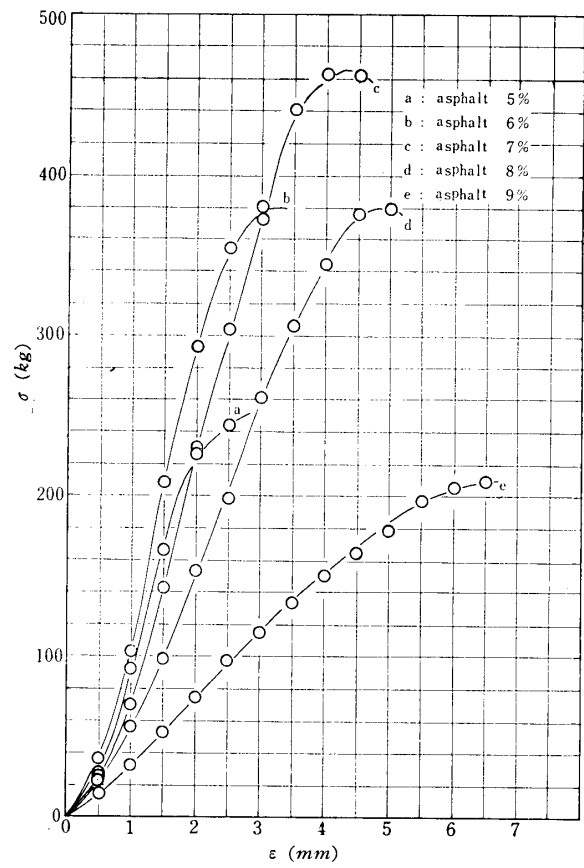


Fig. 10 Topeka in the case of $\epsilon_0 = 10\text{mm/min}$

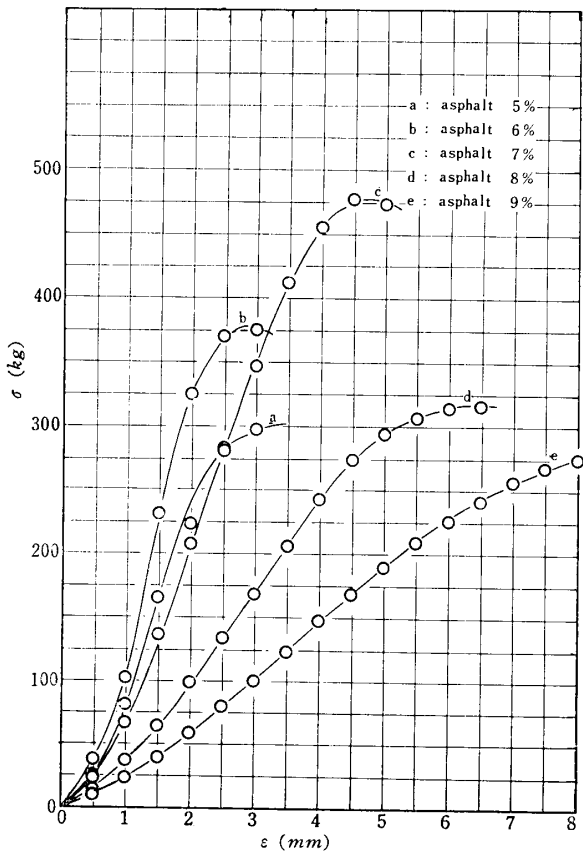


Fig. 9 Topeka in the case of $\epsilon_0 = 5\text{mm/min}$

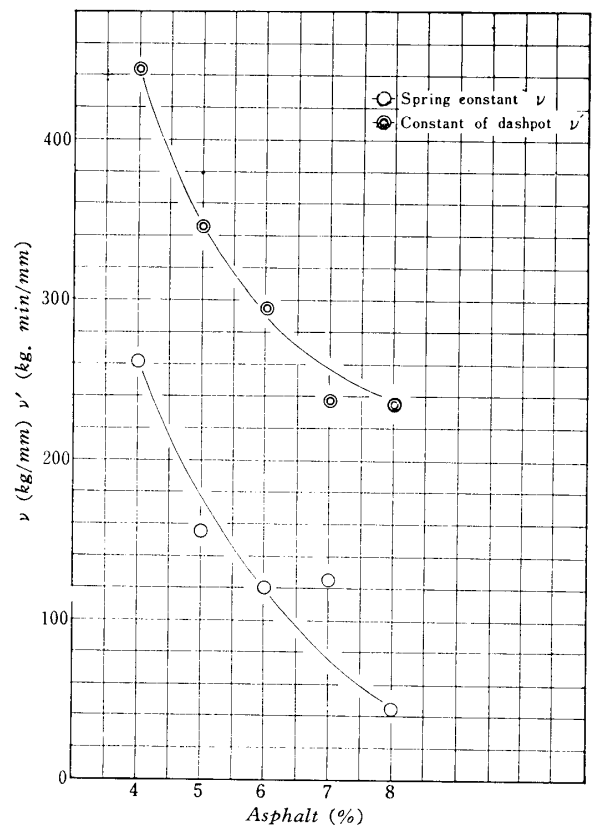


Fig. 11 Coarse-grade type asphalt concrete in the case of $\epsilon_0 = 1\text{mm/min}$

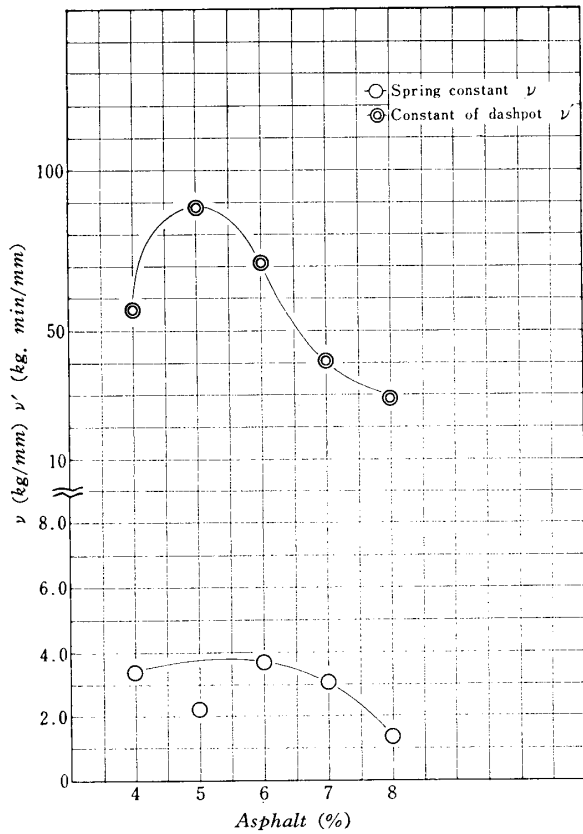


Fig. 12 Coarse-grade type asphalt Concrete in the case of $\epsilon_0 = 5\text{mm/min}$

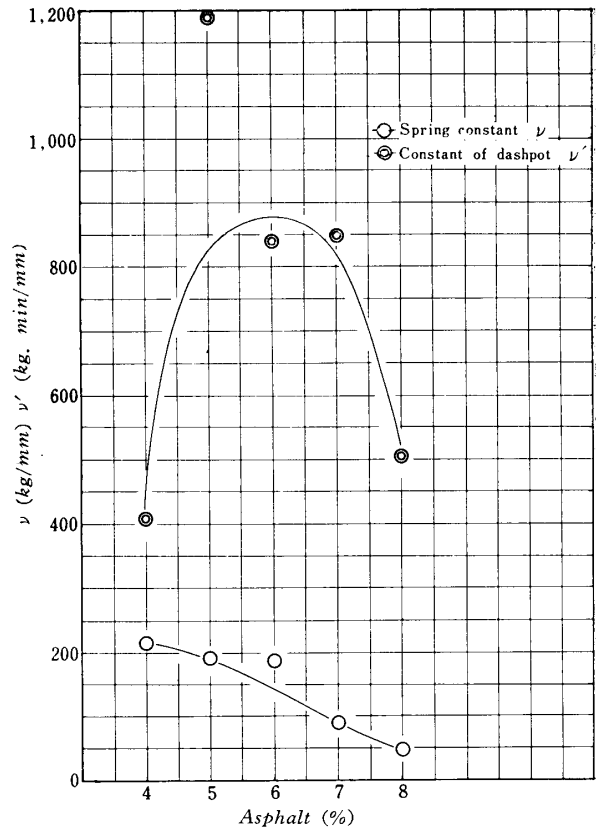


Fig. 14 Dense-grade type asphalt concrete in the case of $\epsilon_0 = 1\text{mm/min}$

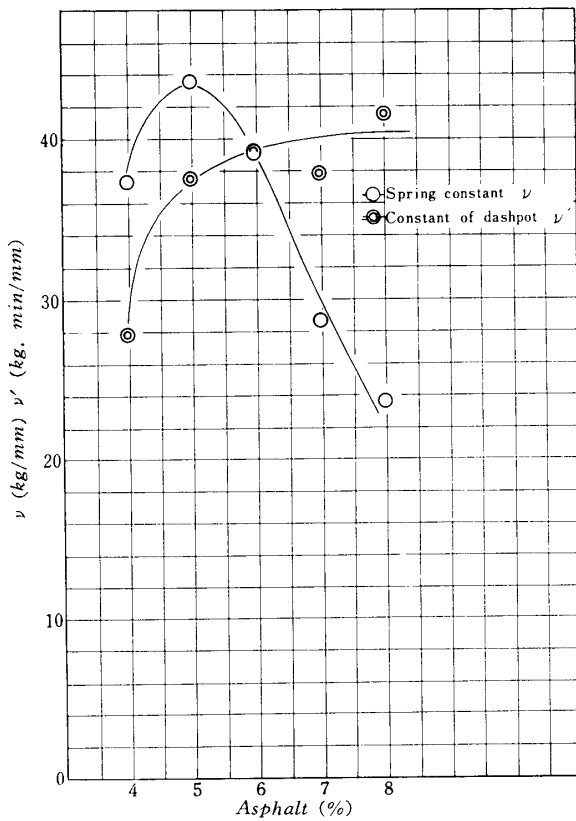


Fig. 13 Coarse-grade type asphalt concrete in the case of $\epsilon_0 = 10\text{mm/min}$

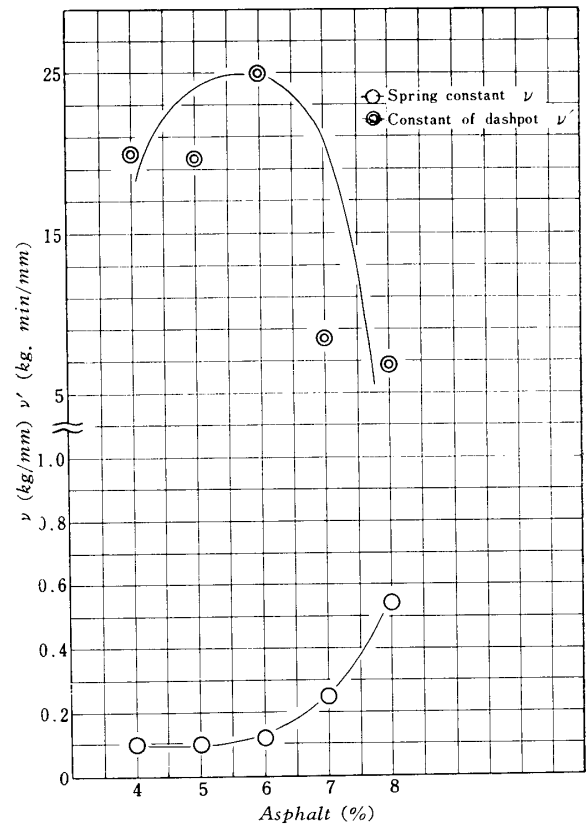


Fig. 15 Dense-grade type asphalt concrete in the case of $\epsilon_0 = 5\text{mm/min}$

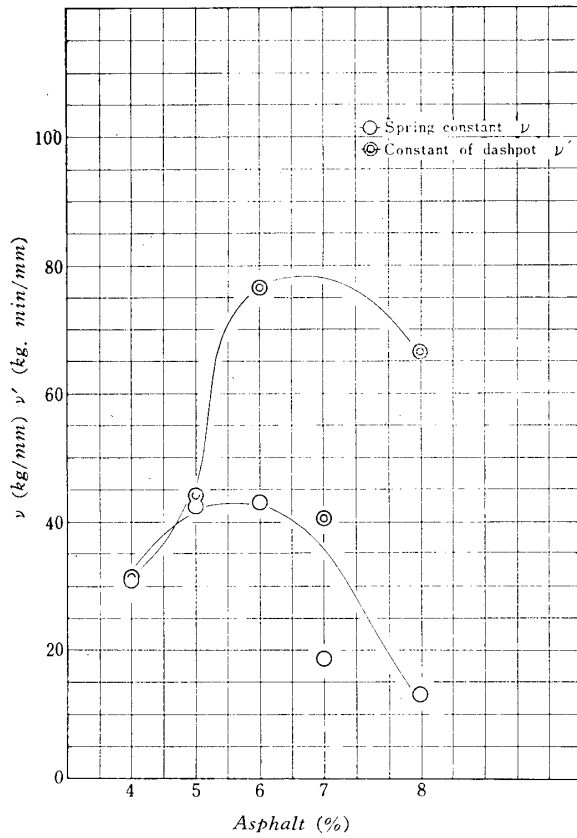


Fig. 16 Dense-grade type asphalt concrete in the case of $\varepsilon_0 = 10\text{mm/min}$

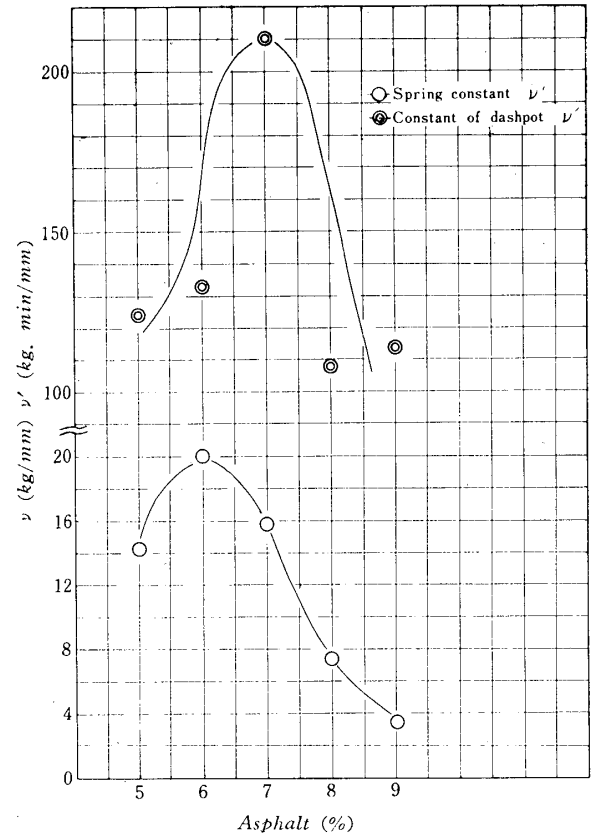


Fig. 18 Topeka in the case of $\varepsilon_0 = 5\text{mm/min}$

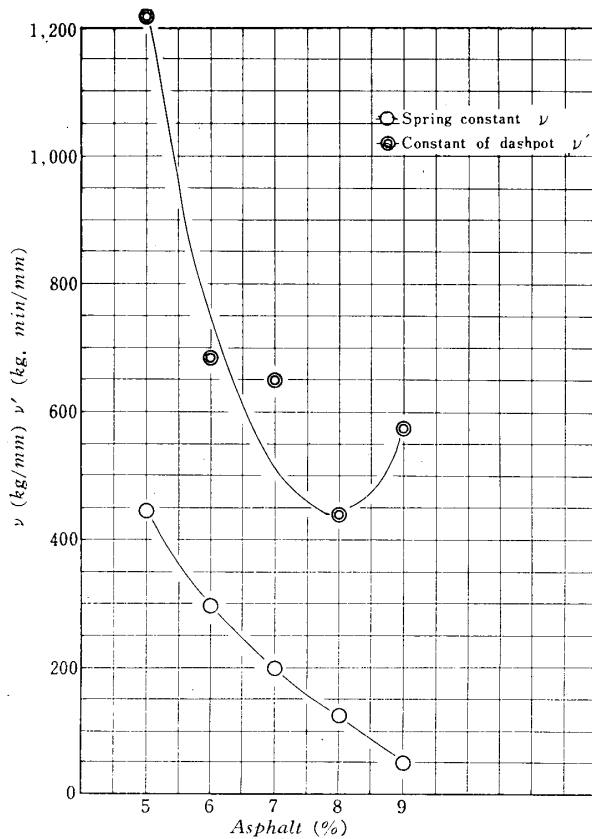


Fig. 17 Topeka in the case of $\varepsilon_0 = 1\text{mm/min}$

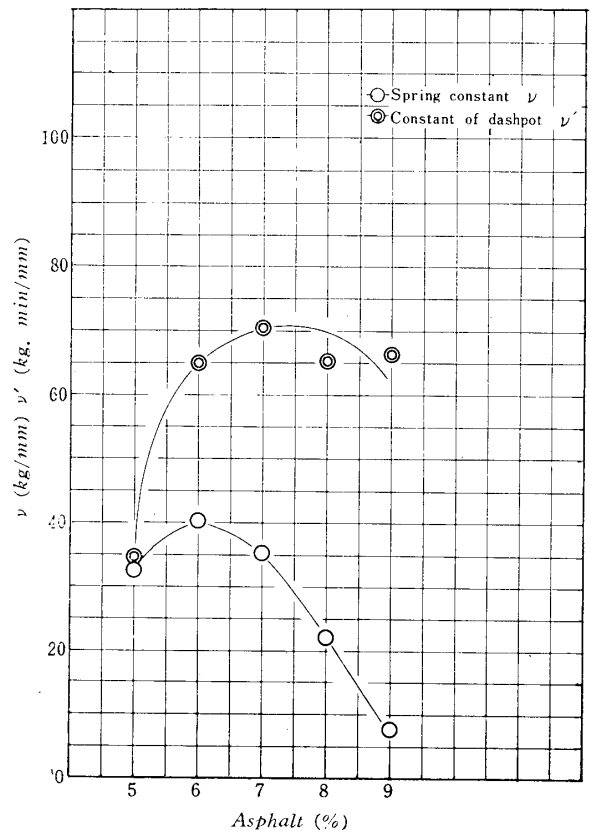


Fig. 19 Topeka in the case of $\varepsilon_0 = 10\text{mm/min}$

3.1 粗粒度アスファルトコンクリート

(1) ひずみ速度 $\epsilon_0 = 1 \text{ mm/min}$ の場合 (Fig.11参照)

ダッシュポット定数 ν' , スプリング定数 ν ともにアスファルト量が増加するにつれて小さくなる傾向を示している。またダッシュポット定数 ν' による粘性的傾向の方が大きい。

(2) ひずみ速度 $\epsilon_0 = 5 \text{ mm/min}$ の場合 (Fig.12参照)

スプリング定数 ν , ダッシュポット定数 ν' ともにグラフは凸形を示している。その値は $\epsilon_0 = 1 \text{ mm/min}$ の場合よりもかなり小さくなっている。スプリング定数 ν は $1 \sim 4 \text{ kg/mm}$ で非常に小さい。いずれも 5% 付近で極大値を示している。

(3) ひずみ速度 $\epsilon_0 = 10 \text{ mm/min}$ の場合 (Fig.13参照)

スプリング定数 ν , ダッシュポット定数 ν' の単位は違うが数値は 25~50 の範囲にあり、粘弾性的性質と弾性的性質とは同程度であることを示している。スプリング定数 ν はアスファルト量が 5% で極大となる凸形を示し、ダッシュポット定数 ν' はアスファルト量の増加とともに大きくなっている。

3.2 密粒度アスファルトコンクリート

(1) ひずみ速度 $\epsilon_0 = 1 \text{ mm/min}$ の場合 (Fig. 4 参照)

この場合粘弾性的傾向をおびており、ダッシュポット定数 ν' はアスファルト量が 6% で極大となる凸形を示している。一方スプリング定数 ν はアスファルト量が増加するにつれて徐々に小さくなっている。

(2) ひずみ速度 $\epsilon_0 = 5 \text{ mm/min}$ の場合 (Fig.15参照)

この場合も粘性的傾向をおびており、ダッシュポット定数 ν' はアスファルト量が 6% 付近で極大となっている。スプリング定数 ν はアスファルト量の増加に伴って大きくなっているが、その値はいずれも 1 kg/mm 以下できわめて小さい。

(3) ひずみ速度 $\epsilon_0 = 10 \text{ mm/min}$ の場合 (Fig.16参照)

アスファルト量が 4%, 5% においては、粘性的な性質と弾性的な性質が同程度であり、アスファルト量が 6%, 7%, 8% では粘性的な傾向をおびている。いずれのグラフも凸形でアスファルト量 6% において極大値となっている。おのおのの数値の範囲は 10~80 である。

3.3 トペカ

(1) ひずみ速度 $\epsilon_0 = 1 \text{ mm/min}$ の場合 (Fig.17参照)

かなり粘性的傾向をおびており、ダッシュポット定数 ν' はアスファルト量が 8% のとき極小となつている。スプリング定数 ν はアスファルト量が増加するに従い、次第に小さくなる。

(2) ひずみ速度 $\epsilon_0 = 5 \text{ mm/min}$ の場合 (Fig.18参照)

粘性的な傾向をおびており、ダッシュポット定数 ν' はアスファルト量が 7% で極大となつている。スプリング定数 ν はアスファルト量が 6% で極大となり、その値は 20 kg/mm である。

(3) ひずみ速度 $\epsilon_0 = 10 \text{ mm/min}$ の場合 (Fig.19参照)

粘性的傾向を示しており、ダッシュポット定数 ν' はアスファルト量 7% 付近で極大値を示し、スプリング定数 ν はアスファルト量が 6% 付近で極大となっている。グラフはどちらも凸形である。

4. 結 言

以上の実験結果を要約するとつぎのとおりである。

4.1 粗粒度アスファルトコンクリート

ひずみ速度 $\epsilon_0 = 1 \text{ mm/min}$, $\epsilon_0 = 10 \text{ mm/min}$ においては、粘弾性定数 ν, ν' はアスファルト量が増加するにつれて小さくなつている。 $\epsilon_0 = 5 \text{ mm/min}$ においては、アスファルト量が 5% のときに極大となり 6, 7, 8% となるにつれて小さくなつている。これら傾向は、粗粒度アスファルトコンクリートにおいては、粘弾性定数の見地からいえば、アスファルト量の少ない方が有利であると思われる。

4.2 密粒度アスファルトコンクリート

ダッシュポット定数は $\epsilon_0 = 1 \text{ mm/min}$, $\epsilon_0 = 5 \text{ mm/min}$, $\epsilon_0 = 10 \text{ mm/min}$ のいずれもアスファルト量 6% 付近で極大となる凸形のグラフとなつている。スプリング定数は $\epsilon_0 = 1 \text{ mm/min}$ ではアスファルト量が 4, 5, 6% はほぼ同等, 7, 8% ではわずかに小さくなり、 $\epsilon_0 = 10 \text{ mm/min}$ では 6% で極大を示す凸形グラフとなつている。 $\epsilon_0 = 5 \text{ mm/min}$ の場合は少しおかしいのであるが、全体的にみると、密粒度アスファルトコンクリートでは、アスファルト量 6% のとき、つまり標準配合のときに最も変形に対して強いと思われる。

4.3 トペカ

$\epsilon_0 = 1 \text{ mm/min}$ においてはダッシュポット定数、

スプリング定数ともにアスファルト量の増加につれて小さくなり、 $\epsilon_0 = 5 \text{ mm/min}$ ではダッシュポット定数はアスファルト量7%，スプリング定数は6%において極大となつている。 $\epsilon_0 = 10 \text{ mm/min}$ の場合においては $\epsilon_0 = 5 \text{ mm/min}$ の場合と全く同様な傾向を示している。以上のことより、アスファルト量6%のとき最も有利な配合と思われる。

問題点としては応力-ひずみ曲線（この実験では荷重-ひずみ量曲線）に変曲点が現われた場合の処理方

法、および試験の際、载荷開始時と終了時とで供試体に温度差を生じるということがあげられる。さらに今後3要素モデルに適応して解析を行なうべきであると思う。

おわりに、この実験は当時学生であつた笠岡良雄君の協力により行なつたことを記し、感謝の意を表する次第である。

（昭和43年6月13日受理）