

東京工業大学 正員 渡辺 隆

学生員 〇元田 良孝

1. 概 説

アスファルト混合物の力学的特性の検討に粘弾性論の適用が行われているが、我々は混合物が粘弾性物質のバインダーと粘性のない骨材から構成されていることに着目して、混合物の力学的特性への影響を実験的に研究し、また高分子の分野で提案されている破壊包絡線の概念を適用してみた。

バインダーの粘性と一軸圧縮強度との関係については Welborn²⁾の研究が、また骨材については渡辺³⁾が単純な配合の混合物では骨材充填率 P_f （全容積中に占める骨材の体積率）と一軸圧縮強度 σ_b との間に簡単な実験式が成り立つことを報告している。本報告では P_f の意味、バインダーの粘性による圧縮特性の違いを検討してみた。

2. 試 験 材 料

表 I 使用アスファルト

使用材料を表 I に示す。砂-スラー混合物の配合を表 II に示す。この他最大粒径 13mm の開粒、密粒、修正トペカを作成した。（アスファルト量はそれぞれ 5%, 6.8%, 8%）

グレード	20-40	60-80	80-100 (I)	80-100 (II)	100-120	150-200
針入度	27	67	90	89	117	190
軟化点	57.0℃	47.5	45.5	46.0	44.0	39.0

3. 実 験

表 II 配合（砂の粒径 0.3~0.6mm）

①一軸用サンプルの作成：骨材とアスファルトを 150℃ で 5 分間混合し、120℃ で上下両面を 50kg/cm² で静的締め固めを行なう。寸法は 5×10cm の円筒型である。

Type	I	II	III	IV	V	VI
骨材体積中に占めるスラーの体積率	0%	20	40	60	80	100
骨材とアスファルトの体積比	22%	26	30	34	38	42

②試験条件；歪速度は 5×10^{-2} , 2.5×10^{-3} , $1 \times 10^{-2} \text{ sec}^{-1}$ の 3 段階、温度は -20 ~ +60℃ の 10℃ おき 9 段階ないしは 20℃ おきの 5 段階とした。

③粘度試験；平行板型の粘度計を用いて 0 ~ 40℃ までの粘度を求めた。（表 III）

表 III 粘性係数 (poise) $\tau = D = 1000 \text{ erg/cm}^2 \text{ sec}$

アスファルト	20-40	60-80	80-100 (I)	80-100 (II)	100-120	150-200
0℃	—	1.22×10^3	3.38×10^3	7.71×10^3	1.87×10^3	1.32×10^3
20℃	5.49×10^2	5.96×10^2	8.58×10^2	2.92×10^3	1.72×10^3	5.19×10^2
40℃	1.45×10^2	1.35×10^2	7.94×10^2	8.11×10^2	3.82×10^2	2.31×10^2

4. 実験結果および考察

① P_f について：砂-スラー混合物について P_f と一軸圧縮強度 σ_b を両対数でプロットしたのが図 1 である。これ

によると $P_f = 100\%$ で一点に収束する傾向があることがわかる。今回の圧縮試験では応力-歪曲線の立ち上がりの部分のパラッキによって正確にはスティフネスを求めることが出来なかった。この為 $\sigma - \epsilon$ の傾きの最大値をもって F_{max} とした。 F_{max} も σ_b の同様に $P_f = 100\%$ で一点に収束する傾向があることがわかる。（図 2）この傾向は異なるバインダー（150-200 As）の混合物、および異なる歪速度の試験においても同様であった。つまり $P_f = 100\%$ ではバインダーの種類、歪速度にかかわらず σ_b , F_{max} が 1 つの値に収束する傾向がある。最小 2 乗法を適用して得られた $P_f = 100\%$ の時の σ_b , F_{max} の値を表 IV に示す。バインダー、歪速度が異なっても、ほぼ同一の値に収束していることがわかる。 $P_f = 100\%$ とは骨材のみの状態であり、実際にはあり得ない。しかしこれを岩石のようなものと考え

ると、 σ_b , F_{max} は骨材の圧縮強度ならびにヤング率を表わしていることになる。表 V に砂岩の圧縮強度、ヤング率

図 1

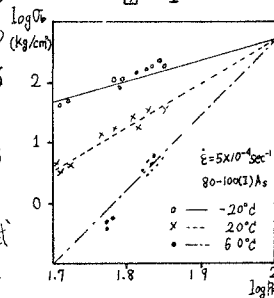
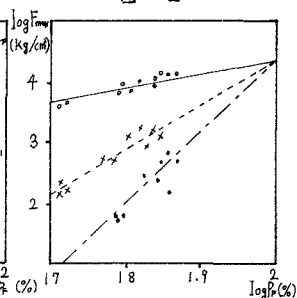


図 2



を示すが、オーダー的に一致していることは興味深い。

2) 一軸圧縮特性の等粘度対応について: Welborn は混合物から抽出したアスファルトの粘度を測定し、等粘度であればアスファルトの種類に関せず一軸圧縮強度が等しくなることを見出した。本研究では抽出試験を行わずに加熱混合前のアスファルトの粘度を用いている。Welborn

の試験は単一の歪速度による実験であるが、ここでは歪速度を変化させて実験をした。(図3)実験した範囲内では、歪速度が変化しても強度の等粘度対応が成り立っていることがわかる。また同様に

粘度で整理したプロットを F_{max} 、破壊時歪 ϵ_b について描いたのが図4、5である。一連のグラフから明らかのように、混合物の変形特性、破壊過程はバインダーの粘度によって支配されていることがわかった。粘度 η をスティフネス F 、強度 σ_b 、歪 ϵ と関連づけるのは非常に考えにくい、それがアスファルトの力学性状態を代表する量として、 F 、 σ_b に関連する重要なパラメーターであることは間違いない。

3) 破壊包絡線 (Failure-Envelope) について: 近年になって Smith は無定形の高分子物質について広い範囲の温度、歪速度で引張試験をした結果、引張強度 σ_b と破壊時歪 ϵ_b について $\sigma_b \times T_0/T$ と ϵ_b (T_0 : 基準温度 $^{\circ}K$, T : 試験温度 $^{\circ}K$) とのグラフが、試験温度、歪速度によらない、1つの包絡線を成すことを見出している。今回の研究ではアスファルト混合物の一軸圧縮強度

に彼の概念を適用し、その応用を考えた。種々 $\log \sigma_b^{293}$ の混合物について考察した結果、次のことが判明した。(1) σ_b と ϵ_b はその混合物特有の包絡線を形成する。(2) 同一配合でもアスファルト量が多くなるにつれ、包絡線は歪量の大きい方向へ移動する。(図6)(3)バインダーの種類を変えても他の条件が等しければ同一の包絡線を形成する。(図7)

5. 結 論

バインダーの粘度と P_f は混合物の変形破壊機構を支配する重要なファクターである。 P_f は骨材自身の破壊強度およびヤング率に関連し、混合物は等粘度温度で同一の破壊形態を示す。また破壊包絡線は混合物の骨格構造を表わすファクターで、歪速度、試験温度、バインダーの種類に依存せず配合アスファルト量だけで決定される。包絡線はアスファルト混合物の破壊特性を示すパラメータとして今後の研究が期待される。

表 IV

アスファルト	歪速度 sec^{-1}	σ_b kg/cm^2	F_{max} kg/cm^2
80-100(I)	5×10^{-4}	525	1.48×10^4
150-200	5×10^{-4}	759	2.24×10^4
150-200	1×10^{-2}	955	2.00×10^4

表 V

圧縮強度 kg/cm^2	ヤング率 kg/cm^2
500~1000	$0.6 \sim 2.5 \times 10^5$

図 3
開粒アスコン

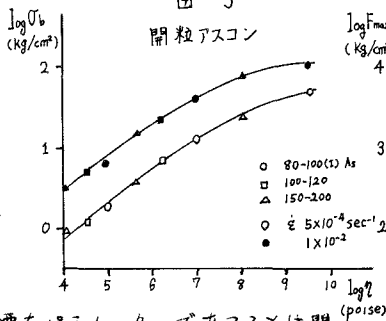


図 4
密粒アスコン

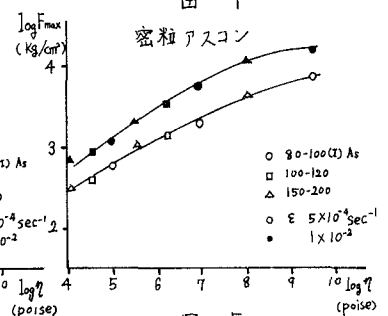


図 5

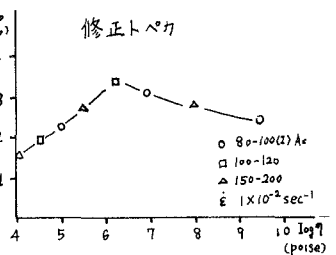


図 6

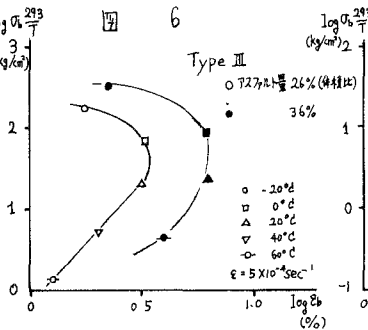
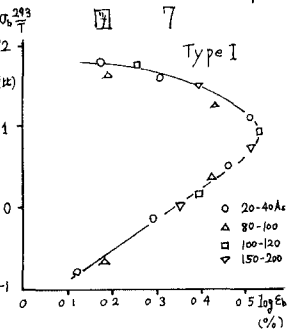


図 7



- 1) Ultimate Tensile properties of Elastomers J of Applied physics vol 35 No 1 (1964) 等
- 2) The relation of absolute viscosity of asphalt binder to stability of asphalt mixture ASTM symposium 1962
- 3) 土木学会第29回年次学術講演会講演集 V-121, 124