

北海道大学工学部 正員 ○上 島 壮
 佐藤工業 “ “ 沖 垣 孝
 建設省 “ “ 戸 嶋 慎一

1. は し が き

アスファルトコンクリートの一軸圧縮特性に対する粘弾性解析について、前報¹⁾では常温よりやや低い温度領域で、応力緩和試験などとの比較により、線型性の仮定と時間-温度の重ね合せの原理がかなり適合することを示した。しかしより一般的には、線型粘弾性体とは扱い難い挙動を示すことも、多くの研究者に認識されているようであるが、あまり公表されていない。そこで本報告では、さらに広範囲の温度、変形速度における一軸圧縮特性について、種々の側面より検討を行った。

2. 試料と試験条件

試料混合物は、骨材最大粒径13mmの密粒度アスファルトコンクリートで、80-100級アスファルト(針入度95, 軟化点46.5℃)6.0%配合のものである。これはマーシャル試験によって得られた設計量にほぼ等しい。供試体はローラーコンパクターにより成形した試料板より切り出したもので、図-1のように圧縮試験の軸方向は、ローラーの走行および載荷方向に直交する方向とした。供試体の載荷面は研磨仕上げとし、端面の拘束力を軽減する目的でシリコングリース塗布の上テフロンシートを介して載荷した。

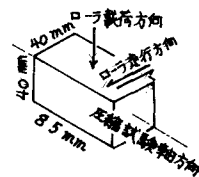


図-1 供試体作製要領

試験は、-20~+60℃(10℃間隔)の温度範囲で行った。変形速度は20℃以下では、1, 3, 10, 30 mm/分、および30℃以上ではさらに、100, 300 mm/分をも加えた。

3. 試験の結果

ひずみ量に関するデータは、試験機系の変形分について補正を施したので、ひずみ速度については、

$$\dot{\epsilon} = \epsilon(t) / t_i \quad \text{として処理した。}$$

i) 圧縮強度 σ_c (図-2); 60℃から-10℃までは、ほぼ $\log \sigma_c \propto C \times \log \dot{\epsilon}$ で表現される流動抵抗領域と言える。しかしCの値は0.5に満たないので、ニュートン粘性とはかなり異った特性である。-20℃では、ひずみ速度によらないぜい性破壊を示す。したがってこの合材における圧縮のぜい性強度は、ほぼ300 kg/cm²のレベルにある。

ii) 限界ひずみ ϵ_c (図-3); 最大応力点(強度)におけるひずみを、破壊ひずみに関する一つの特性値とし、 ϵ_c とした。図-3は、破壊機構の異なる二つの領域より成るものと考えられる。一つは、-20℃より+20℃に至る部分で、温度上昇と共に限界ひずみが増大し、またひずみ速度と温度の置き換えが可能と考えられる領域である。他の一つは、30℃より60℃に至る領域であり、温度上昇およびひずみ速度の低下は、むしろ限界ひずみの低下をもたらす傾向を

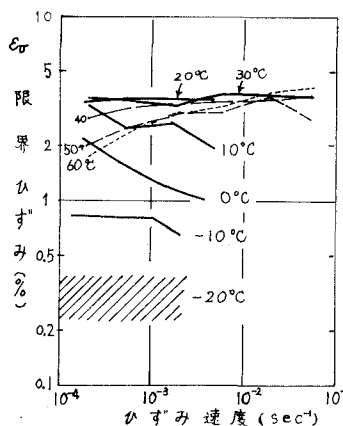


図-3 限界ひずみ-ひずみ速度-温度

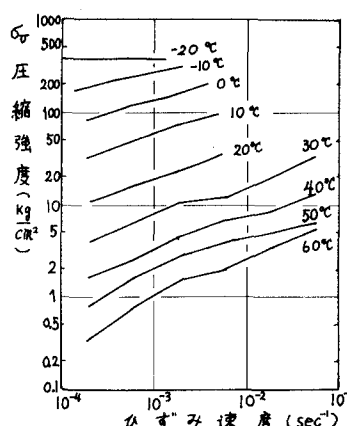


図-2 圧縮強度-ひずみ速度-温度

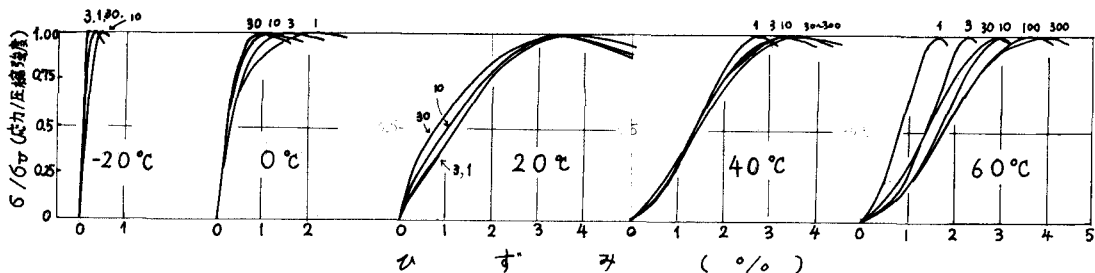


図-4 応力-ひずみ線図の形態

示している。これは混合物の構造の変化に関する一種のレートプロセスによるものと思われる。

iii) 応力-ひずみ線図の形態(図-4)；異った応力レベルにある応力-ひずみ線図を比較するため、応力比 σ/σ_0 と ε の無次元量で表現した。-20°C, 0°Cにおいては、ほぼ全域が典型的な粘弾性型の挙動を示す。20°Cでは、原点より $1/3 \sim 1/2$ の部分が上に凸の粘弾性型の挙動を示し、中央の硬化部分を経て、破壊過程に入る。40°Cでは、原点附近の上に凸の部分が痕跡だけとなり、ひずみ硬化現象が顕著となる。さらに60°Cでは、ほぼS字型曲線を形成する。

iv) σ/ε および緩和弾性率 $E(t)$ ； σ/ε と t のグラフは(図-5)、低温領域(-20~+10°C)では、ほぼ重なり合う傾向を示し、20°C以上の高温側では、変位速度毎に平行移動し、非線型性が著しい。線型粘弾性体ではこれらの関係を用いて、T.L. Smithの方法により換算応力のマスターカーブと緩和弾性率 $E(t)$ の決定が可能である。ここでは次の手順によりマスターカーブの作製を試みた。1) 特定のひずみレベルにおける σ/ε の値をデータとする。2) 基準温度 $T_0 \pm 20^\circ\text{C}$ の範囲のデータを用いて時間-温度の重ね合わせを行う。

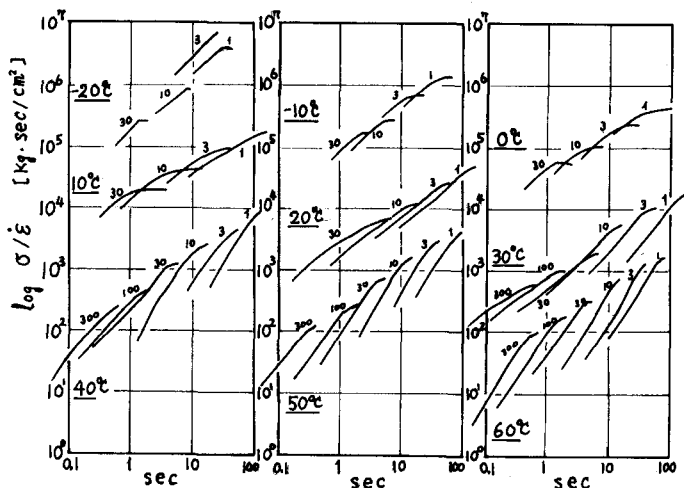


図-5 $\log \sigma/\varepsilon$ と $\log t$ の関係

3) 得られた換算応力のマスターカーブを $\log t$ に関する3次の多項式で近似し、その導関数より $E(t)$ を決定する。

図-6はこのようなして得られた、0, 20, 30, 40°Cをそれぞれ基準温度とする、ひずみレベル0.2, および0.5%における $E(t)$ のマスターカーブである。 σ/ε の測定データのマスターカーブに対するバラツキを表-1に示す。0.2%ひずみレベルでは、測定上の限界から精度が目立って低下している。

低温領域における $E(t)$ の上限値は 10^5 kg/cm^2 をやや越えるものと思われ、またひずみレベルによっても10°Cまで有意差がない。しかし20°Cでは、0.5%ひずみの $E(t)$ にやや硬化の傾向が見出され、30°C以上では顕著に現われる。高温領域においては、 $E(t)$ の減少傾向が弱まり、平衡弾性率の存在を思わせるが、これも非線型性に関連した特性と考えられる。

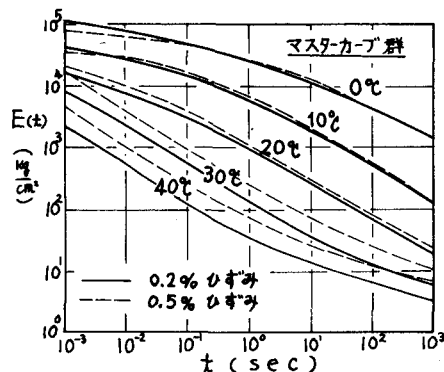


図-6 $T_0 \pm 20^\circ\text{C}$ における $E(t)$ のマスターカーブ

表-1 $\log \sigma/\varepsilon$ のマスターカーブに対する標準偏差 (数値は対数表示) $N=20 \sim 23$

ひずみレベル	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C
0.2%	0.132	0.076	0.135	0.156	0.168
0.5%	0.066	0.073	0.082	0.092	0.096

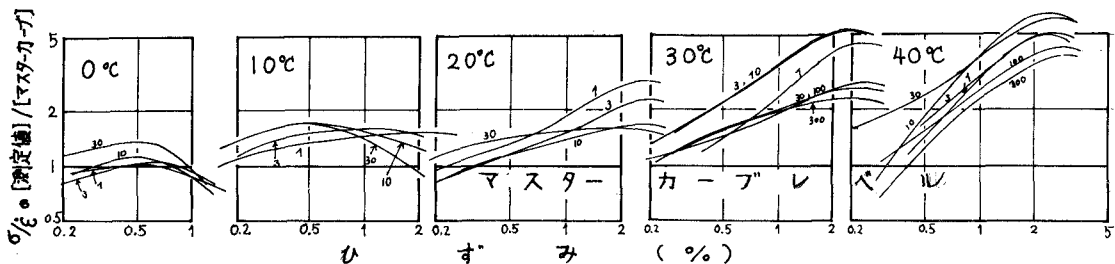


図-7 σ/ε の測定値のマスターカーブに対する偏差

v) 非線型性のひずみ依存性(図-7)； 0.2%のマスターカーブに対する σ/ε の測定値の偏差を、ひずみ量に対して表したのが図-7である。それぞれの曲線は、ひずみ硬化による増大部分と、限界ひずみ附近の減少部分より成る。したがってこの極大値も破壊ひずみに相当する一つの特性値と言えよう。ひずみ硬化の現象は10°C以下の低温領域ではあまり著しくはないので、0.5%ひずみ程度まで線型と考えて差し支えない。20°Cでは同じひずみ量でも長時間荷载の条件の場合非線型性が增大する。30°C以上の高温領域では0.2%ひずみでもすでに顕著な非線型領域に入っていると考えられ、やはり荷载時間の影響の存在が認められる。

vi) 体積変化； 図-8は、供試体中央部の側方ひずみを軸方向圧縮ひずみに対して両対数目盛で表わしたものであり、ほぼ直線で近似できる。それぞれのデータのバラツキを考慮して各温度毎のデータ群について直線回帰し、その温度における変形特性とした。その回帰式より次式により体積ひずみの推定値を算出し、図-9に結果を示す。

$$\frac{\Delta V}{V} = (1 - \varepsilon_{\text{軸}})(1 + \varepsilon_{\text{側}})^2 - 1$$

これらの曲線は、初期の圧縮性の部分と大ひずみ領域

におけるダイラタンシー的特性を示す部分より成っている。圧縮体積ひずみの極小値は0.2~0.5%程度の値が得られ、軸ひずみ1%の附近に分布している。温度に対してはやはり、20°C附近を境に低温側と高温側とで特性が異なるものと思われる。図-10はこの体積変化と応力の関係を応力比で表したもので、10°Cでは体積増加は即破壊を意味するのに対し、高温側では体積が増大しながらさらに応力も増大する。これらのことから高温領域の破壊ひずみは、その基準の選び方によってかなり異なった値をとろう。

1) 第28回年次学術講演会 V-117

上島 啓本 菅原、アスファルトコンクリートの軸圧縮特性について

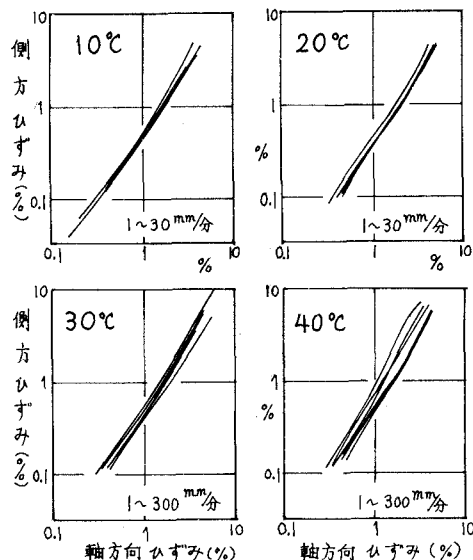


図-8 側方ひずみと軸方向ひずみの関係

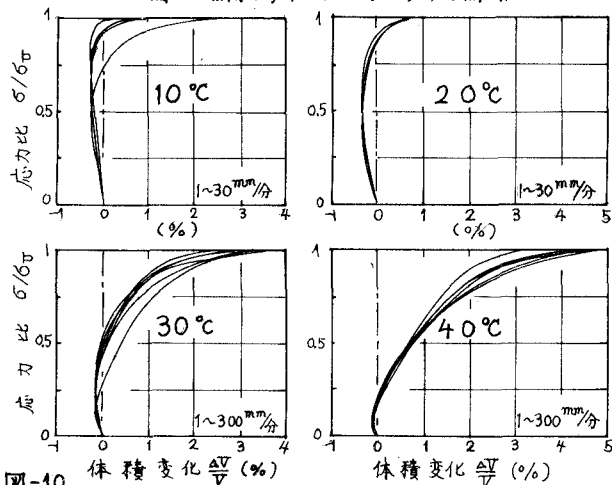


図-10