

東京工業大学 学生員 柳沢 茂樹

正員 渡辺 隆

正員 渡辺 暉彦

1. まえがき

筆者らは、T.L. Smithにより提案された破壊包絡線理論のアスファルト混合物への適用を検討し、さらに応力歪の他に時間軸を追加して、3次元的な破壊点について考察してきた。破壊包絡線とは、応力歪平面上で破壊点が温度・試験方法に依らず、ある滑らかな曲線上に載ると謂うことであるが、時間軸を追加した場合、温度が定まれば空間に同様な包絡線（立体破壊包絡線と呼ぶ）が形成されることが実験的に確認された（定速曲げ試験、曲げクリープ試験）。今回は破壊前の挙動も一つの曲面（挙動面と呼ぶ）上を通ることを仮定し、検討を加え、それと共に一般化マックスウェルモデルを用いて解析を行なった。

2. 試験方法と試験条件

定速曲げ試験 温度： $-20^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ 歪速度： 4.688×10^{-4} , 2.344×10^{-3} , $9.375 \times 10^{-3} \text{ /sec}$

曲げクリープ試験 温度： 20°C 応力レベル： $1,875$, $3,75$, $7,5 \text{ kg/cm}^2$

供試体寸法： $4 \times 4 \times 20 \text{ cm}$

載荷方式：両端単純支持，中央集中載荷

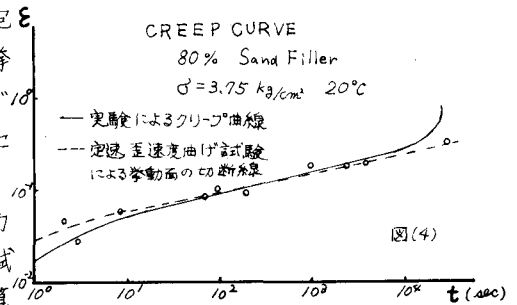
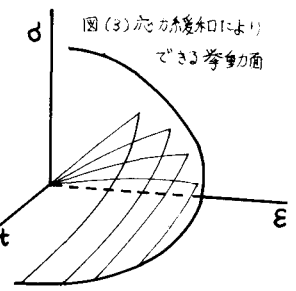
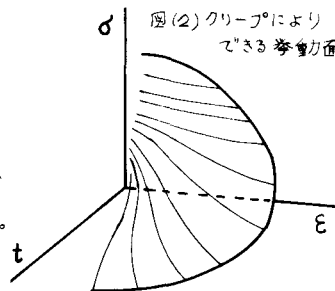
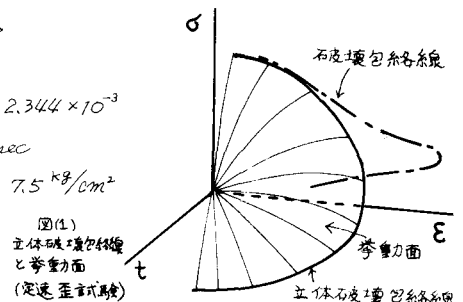
3. 結果と考察

立体包絡線と挙動面について説明を行なう。定速歪試験の力学的挙動と応力歪-時間の三次元空間に表わすと図(1)のようになる。これは歪速度を変えることにより面を形成する。又、破壊点を結んだ物が立体破壊包絡線で、その応力歪平面への投影が従来の破壊包絡線である。

次にクリープ試験や応力緩和試験についても応力歪-時間の三次元空間で考えてみると、

図(2)(3)の様な図が描け、面を形成する。今までに立体破壊包絡線の同一性が確かめられているので、3つの図の破壊前の挙動の面の一致を仮定する。そこで、この挙動面が同一なものであるかどうかを、定速曲げ試験とクリープ試験を行なうことによって検討を行なった。

図(1)の挙動面を応力一定の歪-時間平面上で切断すれば、応力一定のクリープ試験と一致するはずである。実際に定速曲げ試験から挙動面を求めるとき、実験の困難さから温度-時間換算則を用いている。このことを考え、ストレス-ストレインカーブ上で応力が $\sigma_0 (=3,75 \text{ kg/cm}^2)$ の部分の歪と時間を求めたものが図(4)である。この結果をクリープ試験値（実線で描かれた曲線）と比べるとかなり一致している。このことにより、定速歪試験によってできる三次元（応力歪-時間）空間の挙動面と、クリープ試験によってできる三次元空間の挙動面とは、同一なものと結論される。



アスファルト混合物は、歪が0.5%までは線型粘弾性則が成り立つといわれている。そこで、アスファルト混合物の力学的挙動を、マックスウェルモデル・フォークトモデル・三要素モデルや四要素モデルなどで表わす試みはなされているが、あまり良い結果が得られていない。そこでもっと一般的なモデル（一般化マックスウェルモデル）を用いてアスファルト混合物の力学的挙動を表わしてみた。

緩和スペクトルを求めることで解析を行なう。緩和スペクトルはその物質の特性を現わす関数であると考えられ、緩和スペクトルを決定すれば、物質の力学的挙動が計算できる。

緩和スペクトルを決定するには、応力緩和試験より求めた方が良い値が得られるであろうが、実験の困難さから定速曲げ試験より求めたスティフネスのマスターカーブより緩和スペクトルを推定する方法を採った。

定速曲げ試験より $\log F - \log t$ のマスターカーブを求める。

ここでスティフネスと緩和弾性率には次式の関係が成り立つ。

$$E_r(t) = F(t) \left\{ 1 + \frac{d \log F}{d \log t} \right\} \quad (1)$$

また対数緩和スペクトルの $H(\ln t)$ と緩和弾性率との間には次式が成り立つ。

$$H(\ln t) = \left[\frac{-d E_r}{d(\ln t)} \right]_{t=t} \quad (2)$$

一般に高分子化合物の緩和スペクトルは、くさび形スペクトルと箱形スペクトルよりなっているが、本実験ではくさび形スペクトルになった。

砂の体積比が80%の砂・フィラーアスファルト混合物について20°Cで速度三段階で行なった定速曲げ試験の結果が、図(5)である。歪速度三段階の挙動を一つの緩和スペクトルで表わしているにすれば、良い結果であると思う。図(6)を見ると、実験で描かれた実験によるクリープ曲線と解析値とは、1000秒程度まではかなり一致している。しかし、それ以上では時間がたつと違ってきている。これは時間がたつに従って緩和しすぎる為である。緩和しすぎる傾向は、図(5)の応力-歪曲線を見ると歪速度が遅い時に、実験値よりかなり応力が小さく現われていることからわかる。応力緩和は実際に行なっていないので挙動面の切断面とモデルの解析値の比較であるが、図(7)である。この場合にも、1000秒程度までかなりの一致をみているが、それ以上では緩和しすぎる傾向がでてくる。

緩和スペクトルにくさび形スペクトルを用いて計算を行なったが、アスファルト混合物の力学的挙動を表わされなかった。緩和する機構には、セグメントの短距離拡散による緩和と、分子全体が移動することによる緩和の2つがある。前者はくさび形の緩和スペクトルを形成し、緩和時間の短いもので、後者は箱形スペクトルを形成し、緩和時間の長いものである。解析にはくさび形のみを用いたが、アスファルト混合物はくさび形と箱形の両方から成っていると考えられる。スティフネスのマスターカーブより緩和スペクトルを求めたのだが、時間の長いところは実験的に難しく箱形スペクトルが求められなかったが、箱形スペクトルを仮定しての解析は今行なっている。

4. 結論

- 1) アスファルト混合物の曲げ試験では、温度一定の応力-歪-時間の三次元空間に齊うかな挙動面ができる。
- 2) アスファルト混合物の力学的挙動を、一般化マックスウェルモデルを用いて表わすことは十分可能である。

