

北海道大学工学部

正員

○ 笠 原 篤

栃木県 土木部

正員

小 野 修 央

北海道大学工学部

正員

菅 原 照 雄

1. まえがき

ここ数年來、筆者らは、舗装が遭遇するような環境条件下において舗装材料用動的荷重装置を用いて、正弦波およびBell Shape Wave などを入力し、アスファルト混合物の動的性状の基礎的なもの、疲労性状など詳細な検討を行ってきた。

本研究では、混合物の動的応答の一般的な規則性を明らかにし、その理論的裏付けをもって応用的展開をはかろうとするものである。すなわち混合物に不規則なひずみ波形を入力したとき、その応答として示される応力波形を、温度および周波数を変化させて正弦波により得られた複素弾性率 (E^*) および位相角 (ϕ) のデータを用い不規則なひずみ波形をフーリエ級数に展開することにより、理論的に求めようとするものである。

2. アスファルト混合物の破壊に対する安全性

アスファルト混合物の破壊特性として環境条件に非常に敏感であり、その強さおよび限界ひずみの大きさは極端に異なることから、破壊に対する安全性の確認には常にひずみと応力の双方を用いなければならない。ひずみと応力の双方をとりあげるには弾性係数を介すればよいが、それは温度ならびに荷重時間の関数として示されることがから、両者を明確にすることができさえれば応力ならびにひずみの大きさは容易に求められる。しかしながら実際の構造物におけるアスファルト混合物に生ずる変形は、定速度的でも、また正弦的でもなく一般には不規則であり、この不規則波における荷重時間を明らかにするのは困難である。ここでは混合物に不規則波が入力したとき、混合物中に生じている応力およびひずみの大きさを算出する方法を述べ、それらの値を座標点として、応力・ひずみ面にプロットし、その点が破壊包絡線の内側にあるかいないかを検討し、アスファルト混合物の破壊に対する安

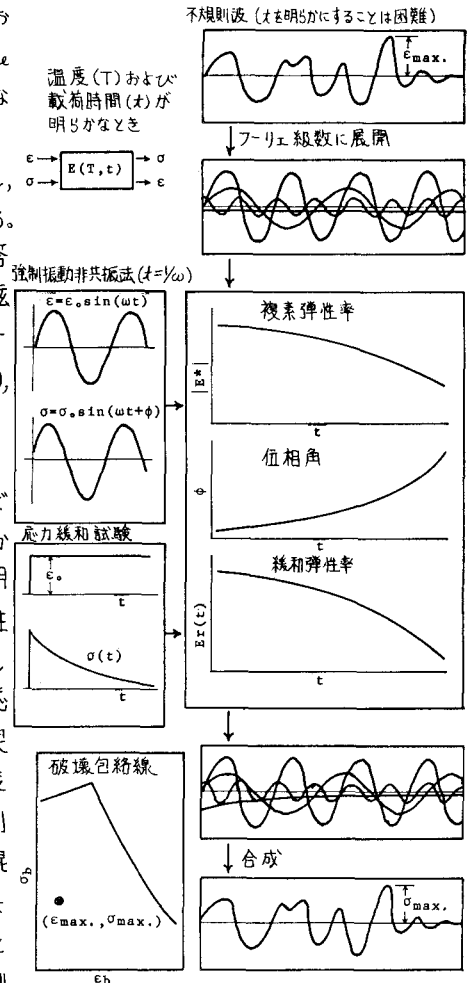


図1 本研究で用いた手法のフローチャート

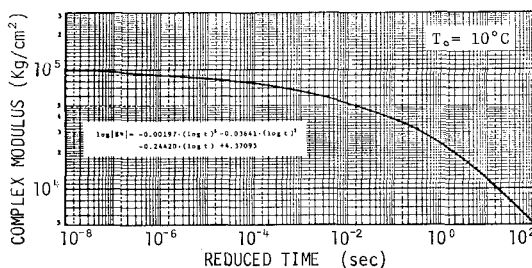


図2 複素弾性率のマスターカーブ

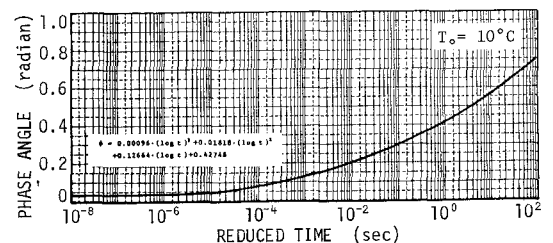


図3 位相角のマスターカーブ

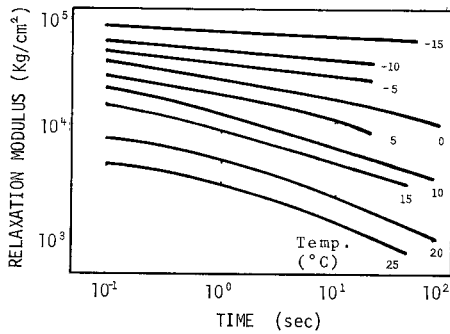


図4 緩和弾性率

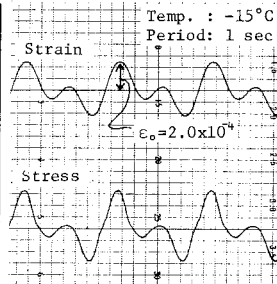


図5 2つの正弦波の合成波

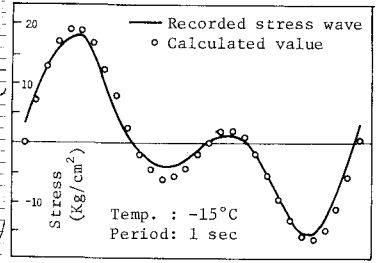


図6 応力波の実測と計算値

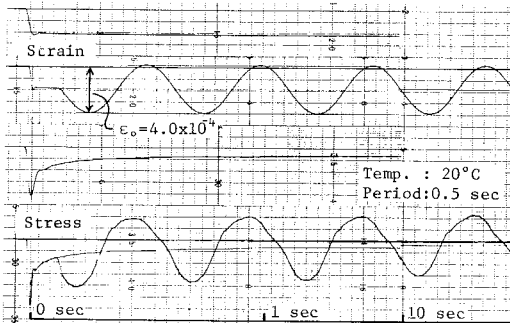


図7 一定ひずみと正弦波の合成波

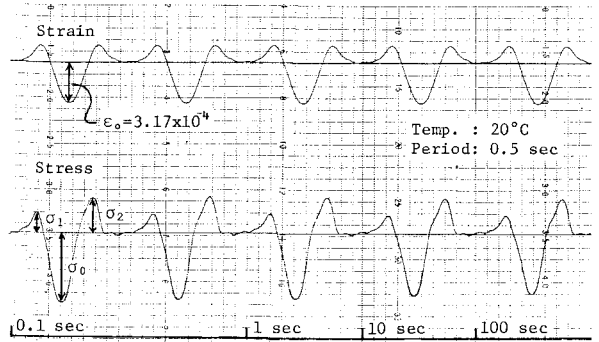


図8 Bell Shape Wave

全性を検討する手法を提案している。

3. 研究の方法

不規則なひずみ波形はフーリエ級数に展開すれば、定数項、正弦項、余弦項の和として表わされ、それぞれの項に対応した応答として示される応力の波形は、定数項に対しては緩和弾性率(図4)から、正弦項および余弦項に対しては強制振動非共振法から得られる複素弾性率(図2)および位相角(図3)のマスタークーブから求めることができ、それら各項の和として不規則なひずみ波形に対する応答として示される応力波形を求めることができる。任意温度($T^{\circ}\text{K}$)においては、標準温度(T_s)を 38.6°C とし、 $\log Q_T = -12.33(T-283)/(T-210)$ から算出される移程量だけ複素弾性率(図2)および位相角(図3)を移程したものをを用いればよいことになる。

これらの考え方を確めるべく実験を行い、その結果を図5〜8に示した。図5は最も単純な不規則波として1Hzの正弦波と位相を 30° ずらした2Hzの正弦波の合成波を用いたときの記録であり、図6は応答として示された応力波形と計算値を対比させたものである。複素弾性率および位相角は10%程度の変動係数をもつことを考慮するならば両者はよい対応を示しているとしてもよいであろう。図7は定数項の影響を求めべく、一定ひずみと正弦波の合成波を入力したときの応力波形の記録であり、応力緩和曲線上に正弦波が乗っていることを示している。図8は不規則波としてBell Shape Waveを入力したときの載荷開始からの各時間における応答として示される応力波形の記録であり、表1にはこの波形の極大、極小値の測定値と計算値を示してある。両者はよい一致を示していることから、本研究に用いた手法は妥当であるとしてもよいであろう。

以上のことから、不規則波が入力したとき、ひずみ波形の振幅の最大値($\epsilon_{\max}$)と動的データーおよび計算により求めることができる応力波形の最大値($\sigma_{\max}$)をも応力・ひずみ面(図9)にプロットし、破壊包絡線の内側にあるか否かを検討することにより、アスファルト混合物の破壊に対する安全性を検討することができる。

表1 Bell Shape Waveの実測値と計算値

Time (sec)	0.1	1.0	10	100
σ_1 (Kg/cm ²)	1.9 (1.6)	1.8 (1.7)	1.7 (1.9)	1.8 (2.1)
σ_0	6.6 (6.1)	6.2 (5.7)	5.9 (5.7)	5.7 (5.6)
σ_2	3.3 (3.1)	3.5 (3.2)	3.3 (3.4)	3.4 (3.5)

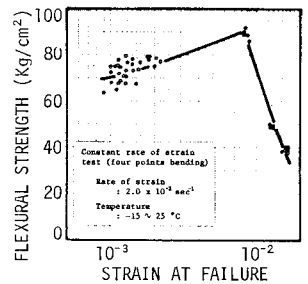


図9 破壊包絡線