

北海道大学工学部 正員 ○菅原 照雄
北海道大学工学部 正員 笠原 篤

1. まえがき

アスファルト混合物は応力緩和性状をもつことから、アスファルト舗装においてはコンクリート舗装のように目地を入れる必要がないとされている。しかしながら施工ジョイント部のクラックの発生、寒冷地では温度応力にもとづく横断方向のクラックの発生なども一部にみられる。また水理構造物へのアスファルト混合物の利用の拡大にともない大面積および大延長の構造物が建設されるようになってきたが、温度応力にもとづくクラックの発生の危険性が大きな問題となってくるであろう。これらの現象を明確に説明するためにはアスファルト混合物の応力緩和性状および限界のび量などについて詳細に検討することが必要となってくる。

本研究では応力緩和の現象を適確に表現するものとしてアスファルト混合物の緩和弾性率 ($E_r(t)$) をとりあげ、緩和弾性率の温度ならびに載荷時間依存性を明らかにすることを目的とし、かつ全く異なる3つの手法を用いて緩和弾性率を求め、それらを比較検討し、より詳細な緩和弾性率の検討を試みている。

2. 試料 および 実験

試験混合物としてはアスファルト量6%の密粒度アスファルトコンクリートを用い、供試体は試料ブロックからダイヤモンドカッタにより切り出した6面カットの棒状 ($4\text{ cm} \times 4\text{ cm} \times 35\text{ cm}$) のものを用いた。

試験はすべて4点曲げ (スパン 30 cm , 載荷点間隔 10 cm) で行い、瞬間載荷の応力緩和試験ならびに動的試験は電気・油圧サーボ方式の舗装材料用動的載荷装置を、定ひずみ速度試験はインストロンタイプのもを用いた。なお試験条件は右の表に示した通りである。

	Temperature (°C)	Strain	Rate of Strain (1/sec)	Loading Time (sec)
Relaxation Test	-15 ~ 25	2×10^{-4}	—	0.1 ~ 70
Constant Rate of Strain Test	-15 ~ 25	—	$2 \times 10^{-4} \sim 2 \times 10^{-2}$	0.01 ~ 100
Dynamic Test	-15 ~ 20	2×10^{-4}	—	0.016 ~ 1.6

3. 応力緩和試験

供試体に瞬間的に一定ひずみ (ϵ_0) を与え、それを持続させているとき、応力 ($\sigma(t)$) は時間の経過とともに低減し、応力とひずみの比として緩和弾性率 ($E_r(t) = \sigma(t)/\epsilon_0$) を求めることができる。実験は5℃毎に約6本の供試体を用いて行い、図1にはその1例として温度10℃における応力緩和曲線を示した。図2は温度をパラメーターとした緩和弾性率と載荷時間の関係を示したものである。基準温度を10℃としたときの緩和弾性率のマスターカーブを図4に示し、またそのときのシフトファクター ($\log Q_T$) は図中に表として示してある。

4. 定ひずみ速度試験

温度 -15 ~ 25℃, ひずみ速度 2×10^{-2} , 2×10^{-3} , 2×10^{-4} において、定ひずみ速度の曲げ試験を行い、応力・ひずみ曲線を得、温度をパラメーターとした換算応力 ($\sigma/\dot{\epsilon}$)・時間 ($t/\dot{\epsilon}$) 関係を求めた結果を図3に示した。基準温度を10℃として換算応力・時間曲線のマスターカーブを求め、式1により緩和弾性率を算出し、基準温度10℃における緩和弾性率のマスターカーブを図4に示した。なおここでは線型粘弾性の領域をひずみ0.5%以内として取扱った。

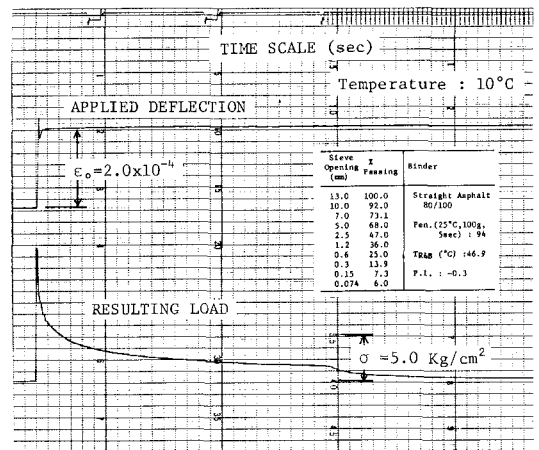


図1 10℃における応力緩和曲線

$$E_r(t) = \frac{d(\log \sigma/\dot{\epsilon})}{d(\log t)} \times \frac{\sigma/\dot{\epsilon}}{t} \quad \text{----- 式 1}$$

5. 動的試験

温度 $-15\sim 20^{\circ}\text{C}$ ，周波数 $0.1\sim 10\text{Hz}$ ，ひずみ 2×10^{-4} において強制振動非共振法により，動的弾性率(E')，損失弾性率(E'')を求め，基準温度 10°C におけるマスターカーブを求め，式2を用いて緩和弾性率を算出し，その結果を図4に示した。

$$E_r(t) = E'(t) - 0.4E''(2.5t) + 0.014E''(0.1t) \cdots \text{式2}$$

6. 考察 および 結論

全く異なる3つの方法により得られた基準温度 10°C における緩和弾性率のマスターカーブ(図4)をみるに，応力緩和試験により得られたものは，他に比し載荷時間10秒以下の領域において若干小であり，それ以上の領域においてはかなり大きな値を示している。動的試験および定ひずみ速度試験から得られたものは短時間領域でよい一致を示しているが，長時間になるほどその差は入となる傾向を示している。一方マスターカーブを得るときの秒程量をみるならば，定ひずみ速度試験によるものは他に比しかなり異なっている。そこで標準温度(T_s)の考え方をを用いて各試験法における T_s を算出した結果，応力緩和試験では 35.4°C ，動的試験では 38.6°C ，定ひずみ速度試験では 23.9°C なる値を示した。応力緩和試験と動的試験との平均値である 37°C を標準温度として $\log a_T$ を算出し，その値を用いて図3の換算応力・時間曲線を裒程し，緩和弾性率のマスターカーブを求めた結果が図4の点線で示した曲線である。この結果，動的試験と定ひずみ速度試験による緩和弾性率はより一致する傾向を示した。

以上のことより，この種の材料の緩和弾性率を高精度で求めるにはかなりの実験の積重ねを必要とすること，および時間・温度換算則を適用するにあたり標準温度の考え方はかなり重要であることが明らかにされた。

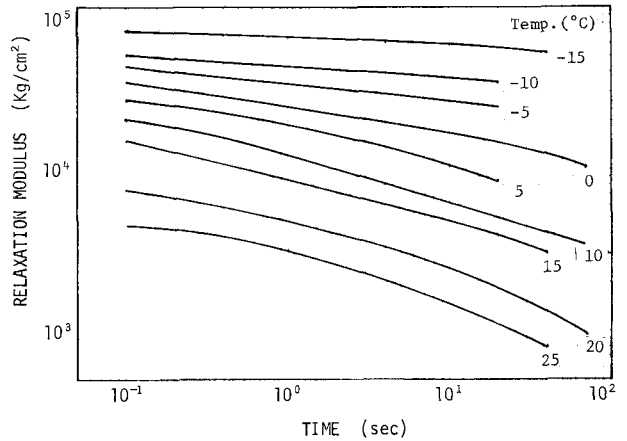


図2 応力緩和試験による緩和弾性率と載荷時間の関係

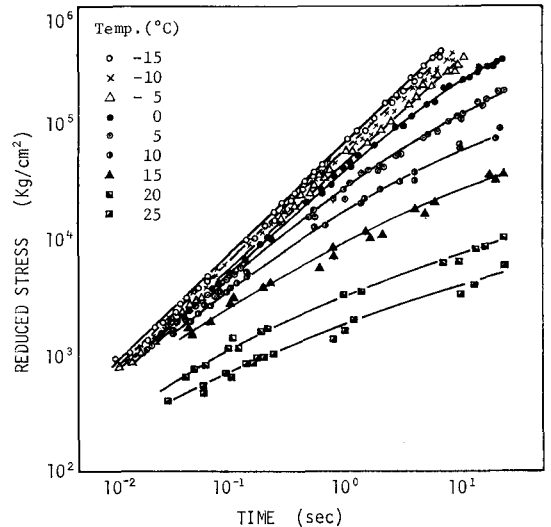


図3 換算応力と時間の関係

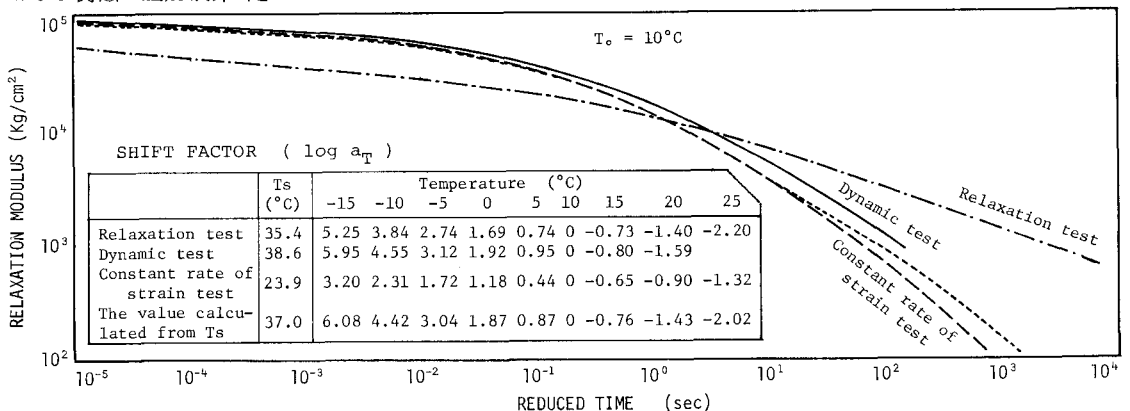


図4 各種試験法による基準温度 10°C における緩和弾性率のマスターカーブ