

DSR を用いたアスファルトの温度応力と線膨張係数の評価方法

東亜道路工業（株） 正会員 ○曲 慧
同 正会員 平戸 利明

1. はじめに

アスファルト舗装が長い延長でもひび割れないのは、アスファルトの温度変化に伴う収縮膨張とその時に生じる温度応力の緩和性能に起因するものと考えられるが、これらの性能を評価する方法は明確に定められていない。本研究では、Dynamic Shear Rheometer (DSR) を用いて簡易にアスファルトの温度応力および線膨張係数を評価する方法について検討した。

様々な試験条件により評価した結果、DSR により得られたアスファルトの応力変化はアスファルト混合物の温度応力試験から得られる挙動と概ね一致することが分かった。さらに、薄膜状態としたアスファルトの線膨張係数を測定した。本報では、一連の試験結果について述べる。

2. 評価材料

評価した試料はストレートアスファルト 60/80（以下、ストアス）と同じストアスに対して回転式薄膜加熱試験 (RTFOT) をかけた後、促進加圧劣化試験 (PAV) を 20 時間した促進劣化ストアス（以下、劣化ストアス）の 2 種類とした。表-1 に試料の代表性状を示す。

表-1 試料の代表性状

項目		ストアス	劣化ストアス
針入度(25°C)	1/10mm	67	28
軟化点	°C	45.5	55.0
伸度(15°C)	cm	150+	9

3. 評価方法

表-2 に DSR によるアスファルトの温度応力および線膨張係数の測定条件を示す。ここでは供用温度域を対象とし、温度変化に伴う応力が生じる 30°C から -30°C を試験の温度範囲に設定した。

表-2 DSR の測定条件

項目	温度応力	線膨張
測定器	Anton-Paar	MCR102
分解能(測定器仕様)	1 mN	1 μm
プレート直径(Φ)	8 mm	25 mm
ギャップ(Gap)	1 mm	1 mm ⇒
初期荷重	0 N ⇒	0 N
温度範囲	30 ⇒ -30 °C	30 ⇒ -10 °C
温度勾配	5 °C/h、10 °C/h、30 °C/h	

(1) 温度応力の測定方法

DSR 装置の許容応力を考慮し、Φ=8mm、Gap=1mm の条件を選択した。ここで設定したギャップを固定し、温度変化に伴うアスファルトの引張応力を測定した。温度勾配は、アスファルト混合物に対する温度応力試験 (AASHTO TP-10-93) では 1 時間 10°C で温度を降下させているが、ここでは予備試験として 1 時間に 5°C、10°C、30°C の温度勾配についてストアスを用いた測定した。図-1 にストアスの温度応力の測定結果を示す。測定開始温度 30°C から 15°C 付近までは、応力が緩和されている。図中に温度変化に伴い応力が上下しているが、これは、アスファルトの応力緩和性能を示していると考えられる。特に、測定時の温度勾配が小さいほど応力の上下が顕著であり、温度勾配が小さいほど応力緩和性能が大きいことを示唆している。

試験の結果、応力変化は温度勾配が大きいほど生じる応力が高くなる傾向がある。このことから温度応力を測定する場合には、実際の舗装体の温度勾配に合わせて評価する必要がある。今回の検討では、1 時間 10°C の温度勾配で以下の測定を実施した。

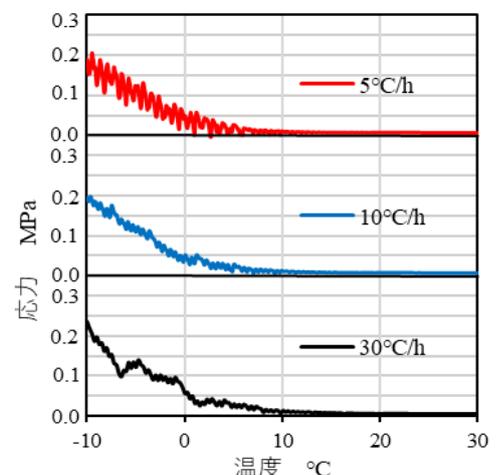


図-1 温度勾配と温度応力の関係

キーワード アスファルト, DSR, 温度応力, 線膨張係数, 劣化

連絡先 〒300-2622 茨城県つくば市要 315-126 東亜道路工業株式会社技術研究所 TEL 029-877-4150

(2) 線膨張係数の評価方法

線膨張係数の測定方法は、 $\Phi=25\text{mm}$ 、 $\text{Gap}=1\text{mm}$ の条件を選択した。温度変化に伴い生じる応力を常にゼロとなるように変位により制御し、その変位の変化を測定した。試料を温度 60°C でプレートに接着させてから、温度を 30°C に調整し、30分保持することで内部応力を緩和させた。その後、測定温度を降下させながらスファルトの収縮量を計測した。ここで、劣化ストアスの破断温度を考量し、温度範囲を 30°C から -10°C にした。また、こちらの結果により、線膨張係数を算出した。

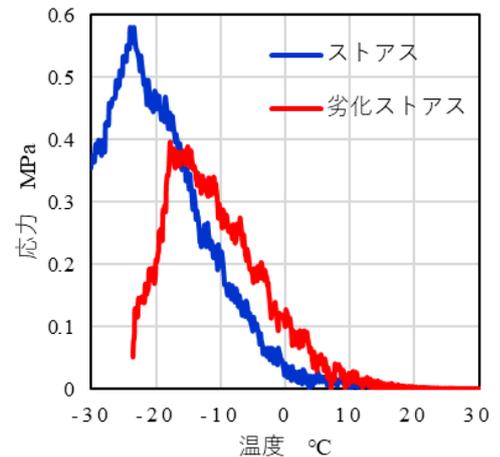


図-2 温度応力の測定結果

4. 評価結果

(1) 温度応力の評価結果

図-2にストアスと劣化ストアスの温度応力の測定結果を示す。ストアスは 30°C から 10°C まで応力の変化がなかったが、劣化ストアスは 20°C 付近から応力の変化が見られた。その後、温度降下に伴い応力が増大し、ストアスは -23°C 、劣化ストアスは -14°C で最大値を示した。その後は急激に応力が低下した。DSRによる温度応力の試験結果から、アスファルトが劣化することで、応力緩和性能が低下すること、破断時の応力が低下すること、および破断温度が高くなることが確認された。これらの結果は、応力は異なるものの既報¹⁾で示した未劣化、促進劣化のアスファルト混合物の結果と同様であり、特に未劣化、劣化に関わらずアスファルト単体の破断時の温度は、アスファルト混合物の破断温度とほぼ一致することが分かった。これらのことから、アスファルト混合物の種類やアスファルト量による影響についても評価する必要があるが、DSRによりアスファルト混合物の温度応力を想定できる可能性がある。

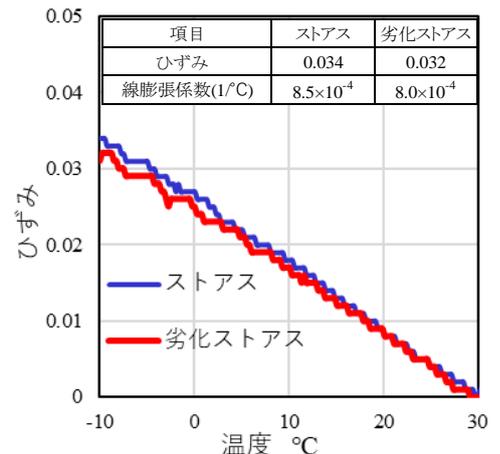


図-3 ひずみの測定結果

(2) 線膨張係数の評価結果

図-3に温度変化に伴うひずみ変化を示す。温度が低下すると、ストアス、劣化ストアスともに直線的に収縮する。温度応力の測定では試験温度 30°C から 20°C において、ストアス、劣化ストアスともに応力は生じなかったが、非拘束状態であれば収縮することが分かる。つまり、 20°C 付近から温度収縮は生じるが、応力緩和により応力は緩和される。これらの結果に基づいて算出した線膨張係数は、ストアスが $8.5 \times 10^{-4}/^\circ\text{C}$ 、劣化ストアスが $8.0 \times 10^{-4}/^\circ\text{C}$ であった。今回の測定において、薄膜試料の平面に対して膜の厚さが小さいため、平面に対して垂直方向の変位量から算出した線膨張係数は、体積膨張率に近い値と考えられる。ただし、既往の文献に示される体積膨張率²⁾と比較しわずかに高い。これは供試体の寸法、供試体の拘束条件や測定方法による影響と考え、今後より精査し適切な評価方法について検討する予定である。

5. まとめ

- DSRを用いて、簡易にアスファルトの温度応力および線膨張係数を評価する方法を見出した。
- DSRを用いるアスファルトの温度応力は、アスファルト混合物の温度応力試験により得られる挙動と概ね一致することを確認した。
- 劣化による影響は線膨張係数よりも温度応力の変化が大きいと考えられる。

参考文献

- 設楽他, 混合温度を低減することによるアスファルトの劣化抑制効果の一検討, 土木学会第69回年次学術講演会, V-503,2016.9.
- 社団法人 日本アスファルト協会, アスファルトポケットブック, p.38, 1995.