

回転粘度計によるポリマー改質アスファルトの締固め性評価

ニチレキ株式会社 技術研究所 正会員 ○樋口 勇輝, 手島 敏史, 広瀬 良樹
同 増山 加奈子, 安藤 良樹

1. 研究の目的

ポリマー改質アスファルト（以下、改質アス）は、一般的にストレートアスファルト 60/80（以下、ストアス）よりも粘度が高く、それに応じて締固め温度も高くなる。締固め温度の求め方には、毛管式粘度計で測定した温度-粘度曲線を用いて、ストアスでの知見に基づいた基準粘度から温度を導く経験的な手法が定められている¹⁾。しかし、毛管式粘度計による改質アスの粘度測定は、手間と精度に課題が指摘されており、実際にはマーシャル安定度試験において締固め度が 100%になる温度に基づいて設定されている²⁾。この手法はアスファルト混合物の供試体を複数作製する必要があるため、望ましくは改質アス単体の性状から設定したい。そこで、一般的な試験機器である回転粘度計を用いて改質アスの粘度を測定・解析して、締固め性との相関を評価することで、改質アス単体で締固め温度範囲を導出できる手法の設定を目指した。

2. 評価方法

ストアスおよび改質アスは多様な化合物の集合体であることから、その流動特性は速度に依存すると考えた³⁾。そこで、せん断速度（＝スピンドル回転数）に水準を設けて粘度を測定し、速度毎に整理した。

(1) 測定試料

測定試料の一覧を表-1に示す。ストアスに加えて、表基層用バイндаとして適用される代表的な改質アス 2 種を対象とした。

(2) 測定条件

回転粘度計としてブルックフィールド型粘度計（DV-3T）を用いて、表-2に示す条件に従って粘度を測定した。測定精度が保証される範囲を考慮して、トルク値 10～90%の範囲で水準を設けた上で 2 種類のスピンドルを使用した。

(3) 測定方法

ある温度におけるトルク値の時間推移を図-1に示す。トルク値を目安に回転数を降順に変速しながら、各条件において 10 分間静置したのちにせん断速度と応力の指示値を読み取った。また、最初に測定した回転数を最後に再測定し、5%以上の誤差が発生する場合は結果を棄却した。

(4) 流動曲線（解析方程式）の適用

測定した速度と応力との関係を、代表的な解析方程式である Casson 式に基づいて整理した³⁾。各温度で読み取った指示値を式-1にて解析し、様々なせん断速度に対応する粘度を試料毎に評価した。

$$\sqrt{S} = \sqrt{\eta_{\infty}}\sqrt{D} + \sqrt{S_0} \quad \dots \text{(式-1)}$$

ここで、 S : せん断応力, D : せん断速度, η_{∞} : 残留粘度, S_0 : 降伏値

表-1 測定試料と締固め温度範囲

種類	締固め温度	
	下限	上限
ストアス	140 °C	146 °C
改質Ⅱ型*	160 °C	166 °C
改質Ⅲ型*	165 °C	171 °C

* メーカー推奨温度より引用

表-2 測定条件

スピンドル番号	試験温度	トルク値の目安
・SC4-21	・140 °C ・160 °C	・10 % ・30 % ・50 %
・SC4-27	・180 °C ・200 °C	・70 % ・90 %

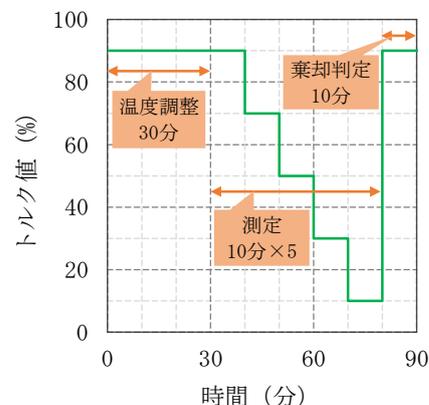


図-1 トルク値の時間推移

キーワード 改質アスファルト, 粘度, 締固め温度, 回転粘度計, 流動曲線

連絡先 〒329-0412 栃木県下野市柴 272 ニチレキ株式会社 技術研究所 TEL 0285-44-7111

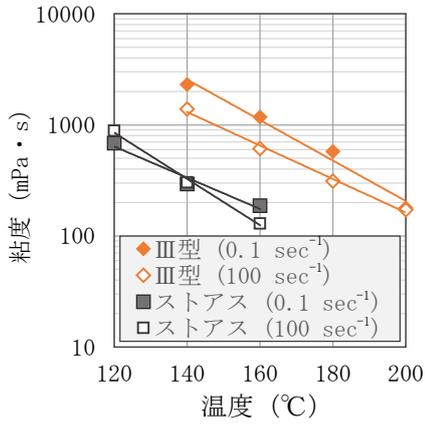


図-2 せん断速度と粘度の関係

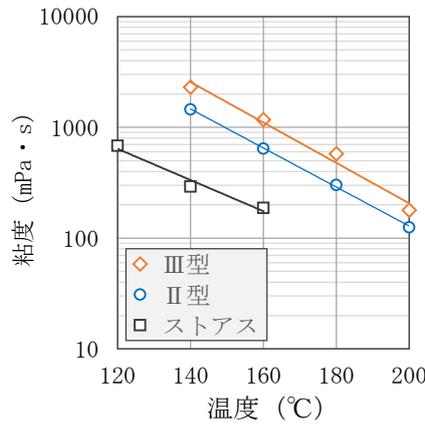


図-3 温度-粘度曲線 (低せん断)

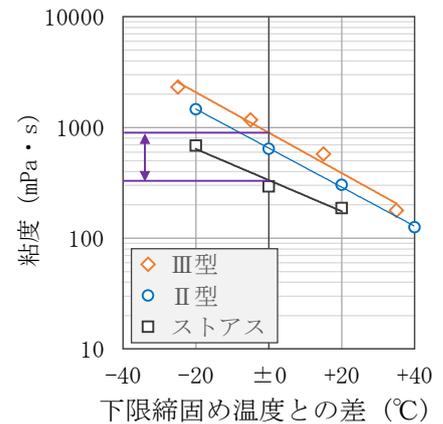


図-4 粘度の比較 (低せん断)

3. 評価結果

3-1. 温度-粘度曲線にせん断速度が与える影響

求めた温度-粘度曲線の例を図-2に示す。粘度は、改質アスとストアスともに片対数平面上で直線に回帰した。これらの回帰曲線はせん断速度に固有であり、試料によって変化の傾向が異なった。このことから、粘度の比較にはせん断速度を統一する必要があると判断できた。

3-2. 低せん断速度での粘度と締固め温度

せん断速度が遅い条件 (0.1 sec^{-1}) の温度-粘度曲線を図-3に示す。締固め温度が高い改質アスほど粘度が高くなる傾向を確認した。各試料の締固め温度における粘度を比較するため、図-3の横軸を表-1の下限締固め温度との差で表した曲線を図-4に示す。下限締固め温度との差が $\pm 0 \text{ }^\circ\text{C}$ 、つまり締固め温度において各試料の粘度は $300 \sim 900 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ と分布が広がった。この結果から、毛管式粘度計のような低せん断速度での測定では、改質アスの締固め温度範囲を導出できないことが分かった。

3-3. 高せん断速度での粘度と締固め温度

図-4の縦軸を、せん断速度が速い条件 (100 sec^{-1}) の粘度としたときの曲線を図-5に示す。低せん断速度での結果と比較して、締固め温度における粘度は $300 \sim 500 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ と範囲が狭くなった。また、図-6に示すように、表-1の温度に対応した粘度範囲と比較しても、せん断速度が速い条件で値が近づいた。この結果から、締固めのような速い作用との相関は、高せん断速度における粘度から求められる可能性が示唆された。

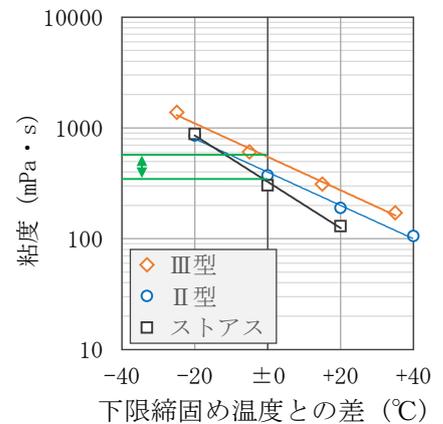


図-5 粘度の比較 (高せん断)

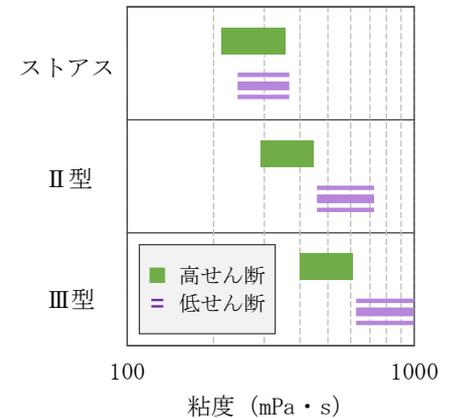


図-6 締固め温度の粘度範囲

4. まとめと今後

回転粘度計を用いた高せん断速度での粘度によって、改質アス単体で締固め性を評価できる可能性が示された。また、毛管式粘度計が改質アス、ストアスの共通基準となり得なかった要因のひとつとして、せん断速度に対する粘度変化の違いがあることを推定できた。今後は、中温化アスファルト等の特殊な改質アスについても粘度を測定し、バインダの種類によらず適用できる普遍的な手法の確立に取り組んでいく。

参考文献

- 1) 日本道路協会：舗装調査・試験法便覧（平成31年度版）第2分冊，2019。
- 2) 日本改質アスファルト協会：ポリマー改質アスファルトポケットガイド，2020。
- 3) 村上謙吉：レオロジー基礎論，産業図書，1991。