

## 熱劣化したアスファルトの物理的性状と化学的性状の相関

前田道路(株) 技術研究所 正会員 ○福山 菜美  
 前田道路(株) 技術研究所 非会員 佐藤 風花  
 前田道路(株) 技術研究所 非会員 中村 拓真

### 1. 目的

アスファルト舗装は、供用中に熱・空気・紫外線や水に曝されることで酸化劣化し、道路の破損につながると考えられている。この劣化を評価するには、従来の評価方法の中心であるアスファルト混合物の力学性状だけでは限界がある。

本研究では、熱劣化に着目し物理的性状と化学的性状の両性状を複合的に把握することで、劣化のメカニズムおよび両者の相関性を確認し、今後の研究開発に寄与することを目的としている。

### 2. 研究概要

#### 2-1. 熱劣化方法

試料および熱劣化条件について表-1 に示す。試料はストレートアスファルト 60/80(以下、ストアス)と改質II型、改質H型とし、恒温槽を用いて加熱劣化させた。

表-1 熱劣化条件

| 項目   | 条件   |                     |
|------|--|---------------------|
| 試料   | ストレートアスファルト60/80<br>改質II型・改質H型   |                     |
| 試料形状 | 形状：薄膜<br>試料量：70g<br>試料厚：約4.5mm  |                     |
| 劣化条件 | 加熱方法   | 恒温槽                 |
|      | 加熱時間(h)  | 0, 1, 6, 16, 24, 48 |
|      | 加熱温度(°C)   | 120, 160, 180       |

#### 2-2. 評価試験方法

熱劣化させた試料の物理的性状試験として、舗装調査・試験法便覧に準拠し針入度試験、伸度試験、軟化点試験、ダイナミックシアレオメータ(以下、DSR)試験を行った。化学的性状試験として、フーリエ変換赤外分光分析装置(以下、FT-IR)を用いた赤外分光分析および、石油学会規格の「TLC/FID 法によるアスファルトおよび再生用添加剤の組成分析試験方法」(JPI-5S-77-2019)に基づいて組成分析を行った。

各試験条件を表-2 から表-4 に示す。なお、DSR 試験では、複素弾性率  $G^*$  および位相角  $\delta$  を評価した。

また、FT-IR による吸光度測定から、アスファルトの劣化の指標となるカルボニルインデックス(以下、CI)を算出した。CI は、酸化するに伴い増加する酸素含有官能基(C=O 結合)に起因する  $1700\text{ cm}^{-1}$  近傍の吸光度と、酸化に寄与しない炭素結合(C=C 結合)に起因する  $1600\text{ cm}^{-1}$  近傍の吸光度の比とした<sup>1)</sup>。

表-2 DSR 試験条件

| 項目          | 条件                     |
|-------------|------------------------|
| DSR試験機      | HR10<br>TAインスツルメンツ製    |
| プレートタイプ     | 平行円盤                   |
| プレート直径(mm)  | 8                      |
| サンプル厚さ(mm)  | 1                      |
| 試験温度(°C)    | 10, 20, 30, 40, 50, 60 |
| 角周波数(rad/s) | 10                     |

表-3 FT-IR の試験条件

| 項目        | 条件                                 |
|-----------|------------------------------------|
| FT-IR分析装置 | Frontier FTIR分光光度計<br>PerkinElmer製 |
| 測定法       | ATR法<br>(全反射吸光度測定法)                |
| 測定波数範囲    | $4000\text{--}400\text{ cm}^{-1}$  |
| 分解能       | $4\text{ cm}^{-1}$                 |
| バックグラウンド  | 空気                                 |

表-4 組成分析の試験条件

| 項目     | 条件                                       |
|--------|--|
| 組成分析機器 | イアトロスキャンMK-6s<br>LSIメディアエンス製             |
| 分析機構   | 薄層クロマトグラフィー                              |
| 検出器    | 水素炎イオン化検出器(FID)                          |
| 試料の調整  | 試料0.15gをトルエン10mLで希釈<br>(質量パーセント濃度：約1.5%) |

### 3. 実験結果

#### 3-1. 針入度と伸度・軟化点の関係

各試料の加熱時間に対する針入度の関係を図-1 に示す。加熱温度が高いほど、加熱時間に対する針入度の低下が大きくなった。

針入度に対する軟化点、伸度の相関について図-2 に示す。今回実施した劣化条件では、針入度の低下に伴い、ストアスと改質II型は軟化点が上昇したが、改質H型の軟化点はほぼ一定であった。またストアスと比較して、改質剤を含むアスファルトは針入度の低下に対する伸度の低下が緩やかであった。

キーワード 熱劣化, 改質アスファルト, DSR, カルボニルインデックス, 組成分析

連絡先 〒300-4111 茨城県土浦市大畑 208 前田道路(株)技術研究所 TEL 029-833-4311

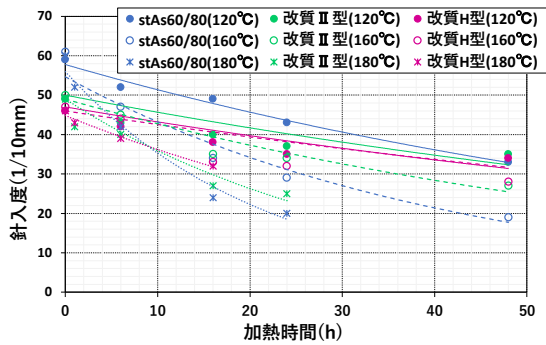


図-1 各試料の加熱時間に対する針入

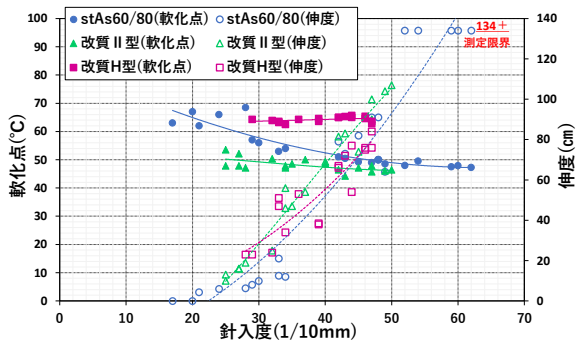


図-2 針入度と軟化点, 伸度の相関

3-2. 複素弾性率  $G^*$  と位相角  $\delta$

160°Cで加熱した各試料の複素弾性率  $G^*$  を図-3に、位相角  $\delta$  を図-4に示す。未劣化のものより48時間加熱劣化したものの複素弾性率は増加する傾向がみられた。しかし、ストアスと改質アスに明確な差は見られなかった。

温度変化に伴う位相角の変化は、改質アスがストアスと比較して、小さい傾向となった。これは、改質剤が60°C程度の温度変化では熱の影響を受けづらいと考えられる。また劣化に伴い、位相角は小さくなることから、弾性体に近づいていると考えられる。

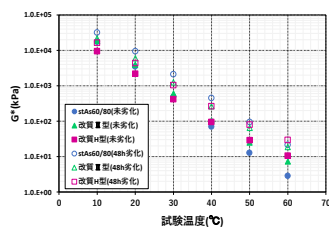


図-3 複素弾性率  $G^*$

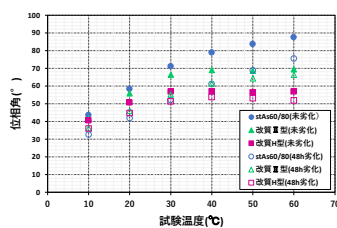


図-4 位相角  $\delta$

3-3. カルボニルインデックス(CI)

各試料の加熱時間に対するCIを確認したところ、加熱温度が高いほど、加熱時間に対するCIが高くなる傾向を示した。針入度とCIの相関を図-5に示す。針入度の低下に伴い、CIは高くなり、試料の種類に関係なく、高い相関を示した。また同程度の針入度のときに、ストアスよりも改質アスのCIが高くなる傾向となることから、改質剤を含むアスファルトは酸化

劣化の進行が速いと考えられる。

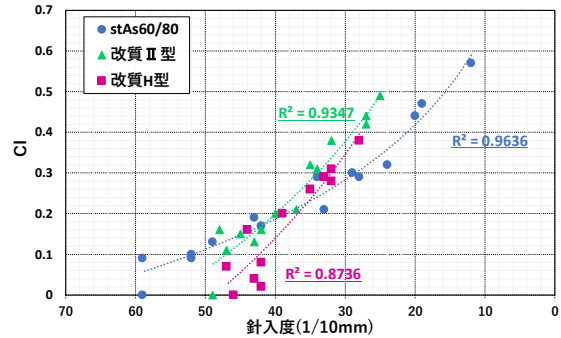


図-5 針入度とCIの相関

3-4. 組成成分比率

各試料の加熱時間に対する組成成分比率は、加熱温度が高いほど、組成成分比率の変化が大きくなる傾向となった。針入度と組成成分比率の相関を図-6に示す。針入度の低下に伴い、芳香族分の減少とアスファルテン分とレジン分の増加の傾向が見られた。

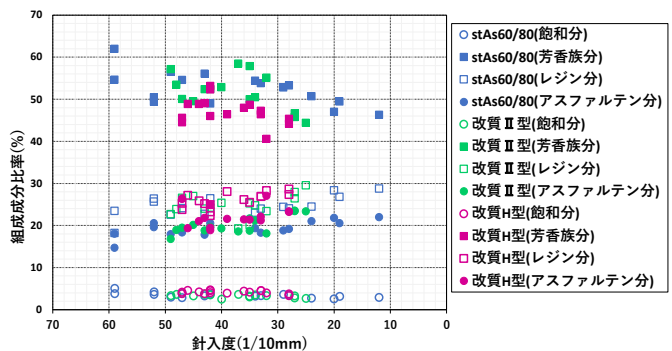


図-6 針入度と組成成分比率の相関

4. まとめ

以上の検討を総括する。

- ◇ 加熱温度が高いほど、アスファルトは酸化劣化がより進行し、物理性状の低下が速くなる。
- ◇ 改質アスはストアスと比較して、酸化劣化の進行が速い傾向にあるが、物理性状の低下は緩やかである。
- ◇ 今回の検討では、アスファルトの種類にかかわらず、針入度とCIは高い相関が得られた。

今回は、アスファルトの劣化因子の一つの熱に着目して検討を実施した。今後は、紫外線や水および空気などの他の劣化因子がアスファルトに及ぼす影響についても検討し、劣化のメカニズムおよび物理性状と化学性状の相関性を確認する。

参考文献

1) 川島陽子, 新田弘之, 西崎到: FTIR/ATRによるアスファルト混合物の簡易劣化評価試験の検討, 舗装, vol. 51, No. 6, pp29-33, 2016