

防水材料 耐候性 耐久性
屋外暴露 熱処理 促進試験

正会員 ○町田 繁* 正会員 中沢 裕二*
正会員 竹本 喜昭** 正会員 松村 宇***
正会員 高根 由充**** 正会員 清水 市郎*****
正会員 富板 崇 ***** 正会員 田中 享二*****

1. はじめに

防水材料促進耐候性試験方法小委員会（本委員会）では、防水材料の屋外暴露と促進劣化試験の相関性を解明するために2002年から両試験を継続して行っている。アスファルト防水層は、表面に無機質粒状物を撒着しているため、前報までに紫外線による防水層の劣化は少ない結果が得られている。特に貼付けアスファルトは防水層の下に施されるので、熱劣化が主な劣化要因と考えられる。本報では、アスファルト防水の熱処理促進劣化試験（熱劣化試験）から暴露環境下でのアスファルト防水貼付けアスファルトの物性変化をアレニウスプロットによる解析で長期劣化特性変化を予測する方法を提案する。

2. 試験

2.1 熱劣化試験体と実暴露試験体

防水層内部に進行する熱酸化劣化の影響を明らかにするため、加劣化試験を行った。比較対象となる実暴露および熱劣化試験体構成を表1に示す。

表1 試験体構成

| 記号 | 工程 | 材 料 | 使用量 (kg/m ²) |
|------|----|-----------------------------------|--------------------------|
| DI-2 | 1 | アスファルトプライマー塗り | 0.2 |
| | 2 | アスファルトフィング 1500 アスファルト流張り | 1.0 |
| | 3 | 断熱材 アスファルト張付 | 1.0 |
| | 4 | 粘着層付き改質アスファルトフィングシート (非露出複層用) 張付け | — |
| | 5 | 砂付きスレッチルフィング アスファルト流張り | 1.2 |
| | 6 | 仕上げ塗料塗り | 0.3 |

(注1)国交省「建築改修工事共通仕様書」による。熱処理促進劣化試験体；250×270mm、仕上げ塗料は除いて作製。

2.2 熱処理促進劣化条件

熱処理促進劣化実験は、ギヤーオープン（高杉製作所製）を用いて行った。実験温度は60℃、70℃および80℃の3水準を設定した。各実験温度に応じた熱劣化期間を表2に示した。

表2 熱処理促進劣化条件一覧

| days | 0 | 7 | 14 | 28 | 56 | 112 | 168 | 224 | 364 |
|------|---|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| hrs. | 0 | 168 | 336 | 672 | 1344 | 2688 | 4032 | 5376 | 8736 |
| 60℃ | ○ | — | — | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 70℃ | ○ | — | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 80℃ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

※ ○；試験実施 —；試験非実施

2.3 試験方法

熱処理促進劣化後の試験項目及び試験方法を表3に示す。

表3 試験方法一覧

| 試験項目 | 試験方法 |
|------------|--------------------|
| 防水工用アスファルト | 針入度 総プロ法(注1) |
| | 軟化点 JIS K 2207 6.4 |
| | 組成分析 薄層加マトグラフィー |

(注1)建設省総合開発プロジェクト「建築防水の耐久性向上技術」建築仕上げ編IIによる¹⁾

3. 試験結果および考察

防水工用アスファルトの促進熱劣化

3.1 組成変化 (アスファルテン量の変化)

熱劣化試験による防水工用アスファルトのアスファルテン量の変化を図-1に示す。アスファルテン量は、時間に対して非線形に変化したので(図1-a)、横軸に実験時間の平方根をとってプロットしたところ、物性変化は線形に変化することが確認された(図1-b)。アスファルトは、熱と酸素の影響を受けてマルテン成分が脱水重合をおこし、アスファルテンへと変化する。このような傾向は、主に熱酸化劣化反応によって物性変化が生じるためと言われている²⁾。

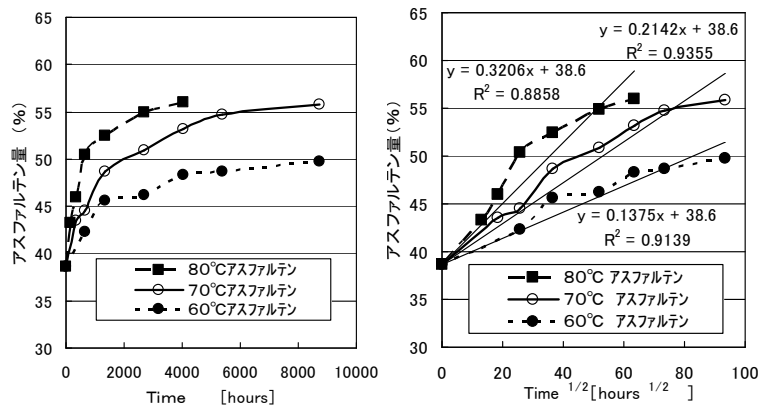


図1-a 図1-b
熱劣化による防水工用アスファルトのアスファルテン変化

3.2 軟化点変化

熱劣化試験による防水工用アスファルトの軟化点変化を図-2に示す。図-1と同様に横軸に実験時間の平方根をとってプロットしたところ、物性変化は線形に変化する傾向が確認された。

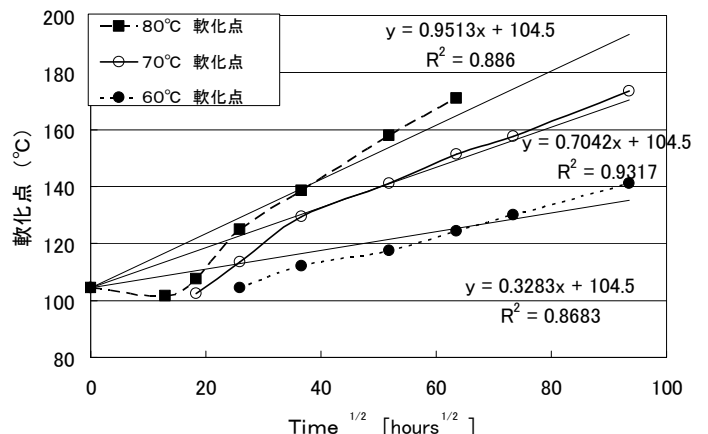


図-2 熱劣化による防水工用アスファルトの軟化点変化

3.3 針入度変化

熱劣化試験による防水工用アスファルトの針入度変化を図-3に示す。アスファルト防水層の劣化診断では、工用アスファルトの針入度が1層でも5を下回ると、全面改修の時期と示されている¹⁾。そこで、針入度変化の data について詳細検討する事とした。横軸に実験時間の平方根をとってプロットしたところ、指数関数的に変化し、近似式に対して高い相関性を示すことが確認された。

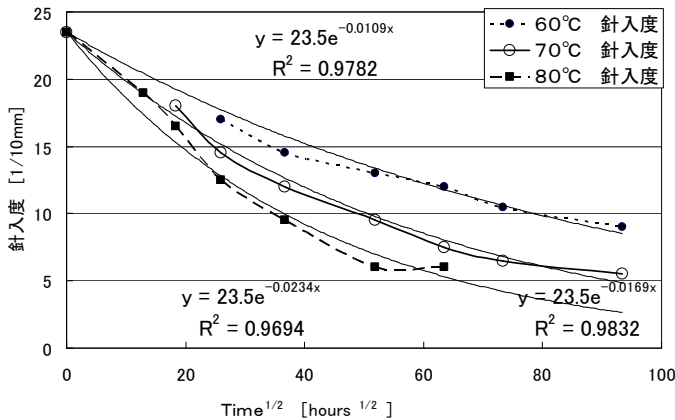


図-3 熱劣化による防水工用アスファルトの針入度変化

そこで、図-3より求められた近似式を元に 60、70、80°C熱劣化において針入度が5になるまでを基準とした熱劣化速度 k を求め、最小二乗法によりアレニウスプロットの回帰直線の傾きより活性化エネルギー $E=74.8$ (kJ/mol) を得た。 図-4 参照

$$k = A \exp \frac{-E}{RT} \quad \dots (1)$$

$$\ln(k) = \frac{-E}{R} \frac{1}{T} + \ln(A) \quad \dots (2)$$

ここで、 R : 気体定数 8.3145 (J/mol)

T : 試験体温度 (K) である。

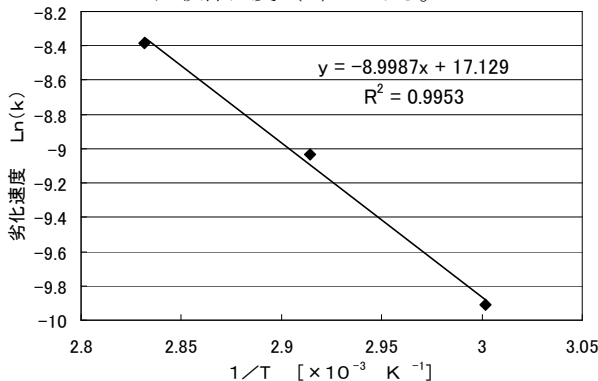


図-4 各熱劣化温度の針入度変化速度のアレニウスプロット

実環境下の劣化を熱劣化時間から推定するとき、式(3)のような温度-時間換算則が用いられる³⁾。

$$\ln \left[\frac{t_{ref}}{t} \right] = \frac{E}{R} \left[\frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T} \right] \quad \dots (3)$$

ここで、 T_{ref} = 基準温度
 t_{ref} = 基準温度で劣化する相当時間
 T, t = 実環境の温度と劣化時間

基準温度を70°Cとして、先に求めた活性化エネルギー値を元に、実環境温度の貼付けアスファルトの針入度劣化速度を予想することができる。その計算結果を図-5に示す。

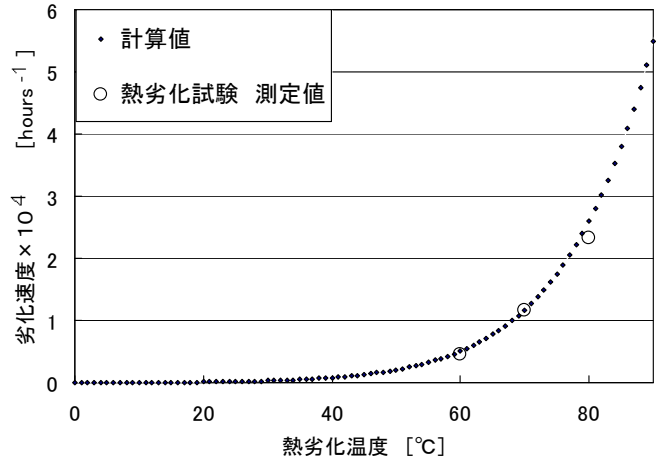


図-5 各熱劣化温度での貼付けアスファルト針入度変化速度

4. まとめ

アスファルト防水層の貼付けアスファルトの針入度について、アレニウスの式を元に活性化エネルギー E を算出した。得られた活性化エネルギー値と温度-時間換算則を元に、実環境温度での劣化速度を予測した。予測結果では、針入度変化速度は処理温度に対して指数対数的に変化した。各地域で屋外実暴露試験の貼付けアスファルト温度を年間通して実測すれば、その data を基により精度の高い劣化予測が可能になると思われる⁴⁾。将来的には、屋外実暴露試験の貼付けアスファルト温度と気象 data の相関を求め、気象 data によるアスファルト防水の寿命予測が可能か検証を行いたい。

【参考文献】

- 1) (財) 国土開発技術研究センター編：「建築防水の耐久性向上技術」1986年 技報堂出版
- 2) 斉藤孝臣, 日本ゴム協会誌, vol.68, No.5, 284, 1995.
- 3) 社団法人日本ゴム協会：設計者のための免震積層ゴムハンドブック, 理工図書, 2001.
- 4) 富田崇, 日本建築学会構造系論文集, 第 591号, 13-17, 2005年, 5月.

*アスファルトルーフィング工業会

**清水建設

***北海道立総合研究機構 北方建築総合研究所

****日本ウエザリングテストセンター 工博

*****建材試験センター

*****九州大学大学院芸術工学研究院
教授・工博

*****東京工業大学建築物理研究センター
教授・工博

*Asphalt Roofing Manufacturers Association

**Shimizu Corporation

***Hokkaido Research Organization Northern Regional Building Research Institute

****Japan Weathering Test Center, Dr.Eng.

*****Japan Testing Center for Construction Materials

*****Prof., Kyushu Univ. Facult. of Design Dept. of Environmental Design, Dr.Eng.

*****Prof., Structural Engineering Research Center, Tokyo Institute of Technology, Dr.Eng.