

## アスファルト混合物の線膨張係数に関する一検討

ニチレキ株式会社 正会員 飯高 裕之  
ニチレキ株式会社 正会員 上野 貞治  
ニチレキ株式会社 ○渡邊 柊人

### 1. はじめに

アスファルト舗装の施工目地（以下、目地）幅の開きおよび寒冷地でよく見られる温度ひび割れの起動力は、温度変化に伴う収縮変形である。この収縮変形は、温度降下量とアスファルト層の線膨張係数に依存する。したがって、目地部の挙動や温度ひび割れを検討する上で、まずは線膨張係数を明確にすることが重要となる。

混合物の線膨張係数は、いくつかの文献で報告されているが<sup>1) 2)</sup>、近年、様々な改質アスファルトが開発されており、使用するバインダによって線膨張係数は異なることが考えられる。そこで、本論文では、線膨張係数の測定方法を紹介するとともに3種類のバインダを用いた混合物の線膨張係数の測定結果およびそれに基づく温度ひび割れに対する混合物の優位性についての所見を述べるものである。

### 2. 供試体

#### 2-1 使用材料

混合物に使用したバインダは、ストレートアスファルト 60/80（以下、ストアス）、ポリマー改質アスファルトⅡ型（以下、Ⅱ型）、試作品の3種類である。それぞれのバインダ性状を表-1に示す。ここで、 $G^* \sin \delta$  はバインダにおける粘弾性の特性値であり、値が小さいほど混合物のひび割れ抵抗性が優れると報告されている<sup>3)</sup>。また、混合物の粒度は密粒度アスファルト混合物（13）「両面 50 回突き」とした。

#### 2-2 供試体の作製およびゲージの貼付

ひずみ測定用供試体は、カッターを用いて 40×40×400mm 寸法に切り出したものを使用した。ひずみゲージ（以下、ゲージ）は、図-1のように貼付し、ゲージ長手方向の中心はモーメントがゼロとなる位置とした。使用したゲージは、基間長 60mm（ゲージ長 74mm）の温度補償型である。また、同様な寸法の温度測定用供試体（以下、ダミー供試体）も作成し、供試体中心部に熱電対を配置した。

### 3. ひずみの測定および線膨張係数の算出方法

#### 3-1 ひずみの測定方法

本検討では冬期における混合物の収縮を模擬するため、10℃から-20℃の降温過程におけるひずみの変化を測定した。ひずみの測定方法を以下に示す。

- ・写真-1のように供試体と接地面の間にローラーを設け、供試体に拘束力を生じさせないように設置する。
- ・10℃に設定した恒温槽内でダミー供試体の温度が 10℃およびひずみが一定となるまで供試体を養生し、その値を基準のひずみとする。
- ・恒温槽の設定温度を 5℃ずつ低下させ、ひずみが一定となるまで設定温度を維持する。この際、供試体が恒温槽の温度と平衡温度となったかの確認はダミー供試体で行った。これを-20℃まで実施する。
- ・測定されたひずみの値は、ゲージの温度ドリフト分および設定したゲージの線膨張係数を用いて補正する。

表-1 使用バインダの性状

|                           | ストアス | Ⅱ型   | 試作品  |
|---------------------------|------|------|------|
| 針入度 (1/10mm)              | 69   | 55   | 95   |
| 軟化点 (°C)                  | 47.5 | 58.5 | 87.5 |
| $G^* \sin \delta$ ※ (MPa) | 4.82 | 4.32 | 1.08 |

※ダイナミックシェアオメーター試験方法による  
(舗装調査・試験法便覧)  
試験温度: 15°C 平行円盤直径: 8mm 試料厚: 1mm  
周波数: 10rad/sec ひずみ: 1%

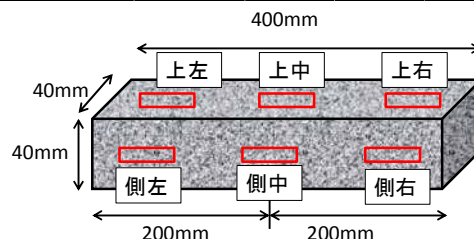


図-1 ゲージの貼り方

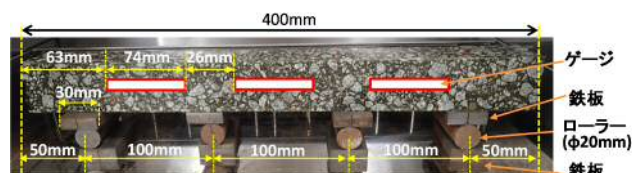


写真-1 供試体の設置状況

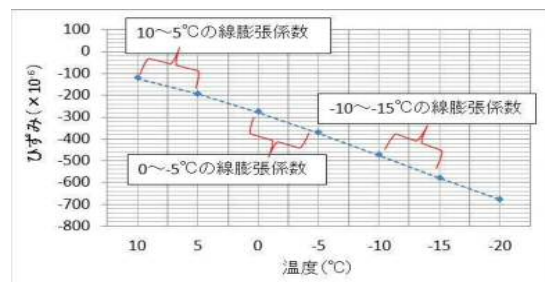


図-2 供試体温度とひずみの関係

キーワード 線膨張係数, 改質アスファルト, 温度応力, アスファルト混合物

連絡先 〒329-0412 栃木県下野市柴 272 ニチレキ(株)技術研究所 TEL 0285-44-7111

### 3-2 線膨張係数の算出方法

本検討では、図-2に示すように温度降下量 $\Delta T_i$  ( $=5^\circ\text{C}$ )における温度変化ひずみ $\varepsilon_{\Delta T_i}$ から、式(1)より各温度域の線膨張係数 $\alpha_{\Delta T_i}$ をそれぞれ算出した。

$$\alpha_{\Delta T_i} = \varepsilon_{\Delta T_i} / \Delta T_i \quad \cdots \text{式(1)}$$

ここで、 $T_i$ は、 $5^\circ\text{C}$ ずつの温度変化ステップ

### 4. 線膨張係数の測定結果

各温度域における線膨張係数の算出結果を図-3に、平均的な線膨張係数を図-4に示す。

- ・ いずれのバインダを用いた混合物も、各温度域で線膨張係数が変化する結果となった。
- ・ バインダの脆化点を大きく下回る温度域である $-15 \sim -20^\circ\text{C}$ では、いずれの混合物においても線膨張係数がほぼ同一となった。
- ・ 図-4に示すように、 $10^\circ\text{C} \sim -20^\circ\text{C}$ の範囲において各混合物の線膨張係数を平均的にみると、ストアス混合物で $26.7 \times 10^{-6}$ 、II型混合物で $28.0 \times 10^{-6}$ 、試作品で $24.4 \times 10^{-6}$ となり、試作品混合物は他の混合物に比べ10%ほど小さな値となった。

以上の結果から、 $10^\circ\text{C}$ 以下の温度領域において、試作品を使用した混合物は、収縮変形がストアス混合物やII型混合物より小さくなると考えられる。

### 5. 温度ひびわれにおける混合物の優位性

温度ひび割れは、混合物の収縮変形量、拘束度、クリープ・応力緩和量および混合物の引張強度に依存すると考えられる。この温度ひび割れを生じさせる完全拘束領域におけるひずみは式(2)で、応力は式(3)で簡易的に表される。

$$\varepsilon_m = \varepsilon_{\Delta T} + \varepsilon_{st} + \varepsilon_{cr} \quad \cdots \text{式(2)}$$

$$\sigma = \varepsilon_{\Delta T} \cdot E_{e,as} + \sigma_H \quad \cdots \text{式(3)}$$

ここで、 $\varepsilon_m$ ：完全拘束領域でのひずみ ( $\varepsilon_m=0$ )、 $\varepsilon_{st}$ ：応力ひずみ、 $\varepsilon_{cr}$ ：クリープひずみ

$\sigma$ ：完全拘束領域での応力、 $E_{e,as}$ ：混合物のクリープを考慮した弾性係数、 $\sigma_H$ ：混合物の応力緩和量

上式より、温度応力は、温度降下に伴う変形（ひずみ量）、弾性係数、クリープおよび応力緩和量で定まると考えられるため、線膨張係数および弾性係数が小さく、クリープ・応力緩和量が多い混合物においては温度応力が小さくなることがわかる。

図-5には、ダイナミックモデュラス試験<sup>4)</sup>(試験条件： $0^\circ\text{C} \sim 30^\circ\text{C}$ 、5Hz)から求めた、混合物の温度と弾性係数の関係を示している。この図から、試作品混合物の弾性係数は、他の混合物より小さく、さらに上記したように線膨張係数が小さい。このことは、クリープ・応力緩和量が他の混合物と同等以上であれば、他の混合物より温度ひび割れが生じにくいことを示唆している。

### 6. おわりに

本検討により、混合物の線膨張係数は使用するバインダや温度域により変化することが検証できた。また、低温域において線膨張係数や弾性係数が小さい試作品混合物は、寒冷地における舗装の長寿命化に有用であると考えられる。今後は混合物のクリープ、応力緩和性能および引張強度等を考慮し、より付加価値の高いバインダ開発を行っていく考えである。

#### 【参考文献】

- 1) 間山正一，山内幸夫，山梨安弘：各種の舗装用混合物の力学性状に関する研究（第4報），石油学会誌，pp362-368
- 2) 吉田隆輝，高橋正一，松尾修：アスファルト混合物の熱応力性状，苫小牧工業高等専門学校紀要第44号
- 3) David A. Anderson：Development of SHRP Binder Specification, AAPT, vol6, 1993
- 4) 齋藤夏実，丸山陽：AMPTを用いたアスファルト混合物の新たな評価方法，アスファルト，233号，p.53，2019年12月

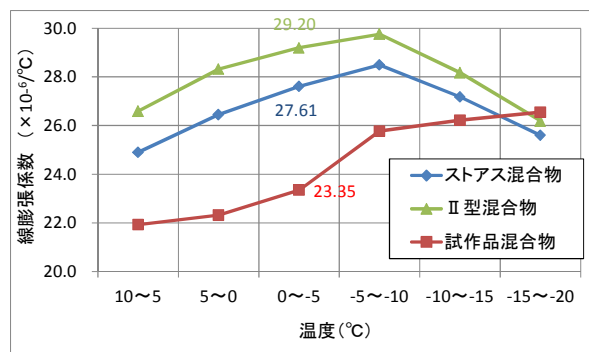


図-3 供試体温度とひずみの関係

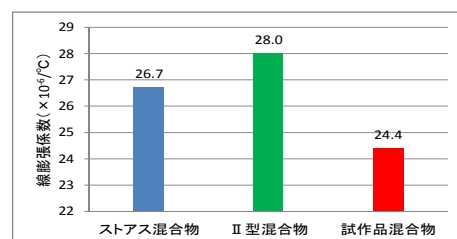


図-4 平均的な線膨張係数 ( $10 \sim -20^\circ\text{C}$ )

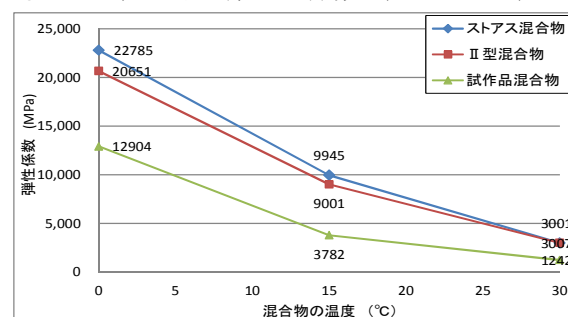


図-5 混合物の温度と弾性係数の関係