

鹿島建設技術研究所 正員 重松和男
正員 ○ 植原 健

1. まえがき

寒冷地におけるアスファルト舗装の破壊原因の一つとしてアスファルトコンクリート（以下アスコン）に相当大きな温度応力が生じ、これがアスコンの引張強度を越えたり、引張強度に近い大きさの繰返しにより疲労破壊することが考えられる。アスコンの温度応力によるひびわれ発生を検討するためには、アスコンに生ずる温度応力の正確な値とアスコンの引張強度特性を把握しなければならない。温度応力の算定方法としては、粘弾性体の温度応力算定式を採用し、同式によりアスコン梁の温度応力を算定し、実験による温度応力の実測値と比較した。その結果、かなりの一致を見たので、同式のアスコンへの適用の妥当性を認め、アスコン版の温度応力算定の電算プログラムを開発し、温度応力を計算した。

2. 粘弾性体の温度応力算定式^{(1),(2)}

ここでは、図-1に示す境界条件において、版内の温度が位置と時間すなわち熱伝導により与えられる場合の温度応力を算定する。

図-1の版内の温度応力（Fiber Stress）を求める式は、

$$\sigma_x(z, t) = -3\alpha_0 \int_0^t R[\xi(z, t) - \xi(z, \tau)] \left(\frac{\partial}{\partial \tau} \right) \theta(z, \tau) d\tau \quad (1)$$

$$\xi(z, t) = \int_0^t \phi[T(z, \lambda)] d\lambda \quad (2)$$

$$\theta(z, t) = \left(\frac{1}{\alpha_0} \right) \int_0^{T(z, t)} \alpha(T') dT', \quad \alpha_0 = \alpha(T_0) \quad (3)$$

ここで、 σ_x ；温度応力、 α_0 ；線膨張係数、 R ；スラブの応力に関する補助関数、 $\xi(z, t)$ ；換算時間
 $\theta(z, \tau)$ ；深さ z 、時間 τ におけるスラブの温度

(1)式中の R を求める計算方法は、LeeとRogers⁽³⁾によると、緩和弾性率 $E(\xi)$ とポアソン比 ν_0 の実測値を用いて、つぎの漸化式に展開され、 $E(\xi)$ に対し $R(\xi)$ を逐一求めることができる。

$$y(\xi_{n+1}) = \frac{f(\xi_{n+1}) + \frac{\mu}{2} y(\xi_n) [f(0) - f(\xi_{n+1} - \xi_n)] + \frac{\mu}{2} \sum_{i=1}^{n-1} [y(\xi_{i+1}) + y(\xi_i)] [f(\xi_{n+1} - \xi_{i+1}) - f(\xi_{n+1} - \xi_i)]}{1 - \frac{\mu}{2} [f(0) - f(\xi_{n+1} - \xi_n)]} \quad (5)$$

$$\left. \begin{aligned} y(\xi) &= 2(1-\nu_0) \{ [R(\xi)] / (E_0) \}, \quad f(\xi) = [2E(\xi)] / (3E_0), \quad \mu = [3(1-2\nu_0)] / [4(1-\nu_0)] \} \quad (6) \\ y(\xi_1) &= y(0) = f(0) = 2/3 \end{aligned} \right\}$$

(1)式に(5)、(6)式で求めた $R(\xi)$ を代入して、温度応力 σ_x を算出できる。なお、線膨張係数およびポアソン比は実測値を用い、緩和弾性率 $E(\xi)$ は、 $E(t)$ の換算時間に対するマスターカーブを作成して用いた。つぎに、梁の温度応力は、(7)式により求められる。

$$\sigma(t) = -\alpha_0 \int_0^t [E(\xi(t) - \xi(t'))] \left(\frac{\partial}{\partial t'} \right) \theta(t') dt' \quad (7)$$

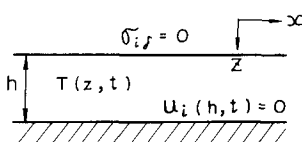


図-1 境界条件

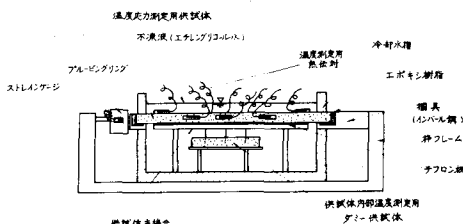


図-2 梁の温度応力測定装置

3. 梁供試体の温度応力測定

(1). 実験条件

合材；水理構造物用密粒度アスコン

アスファルト量；7.5, 8.5, 9.5%

供試体寸法； $3 \times 3 \times 30$ cm (6面カット)

温度範囲；室温 $\sim$ -20°C

測定装置；図-2に示す装置

(2). 結果

供試体温度と経過時間の関係の一例は、図-3に、温度応力と経過時間の関係の実測値および理論値の一例は、図-4に示す。図-3より、温度応力は実測値の方が理論値より若干大きい、一様な冷却状態が持続している部分の温度応力の増加状態はほぼ一致しており、一方測定装置の拘束状態と理論式における拘束条件の与え方の間の誤差を考慮すれば、理論式は実用上妥当性があると考えられる。

4. 版の温度応力

アスコンの線膨張係数、ポアソン比およびリラクゼーション関数(応力緩和試験より決定した緩和弾性率のマスターカーブ)を実験により定め、図-5に示すモデル化した日温度変化(+15 $\rightarrow$ -17 $\rightarrow$ +18°C)を表面に受けた場合の温度応力を(1)式によりコンピュータ(HITAC 8500)で計算した。結果の一例は、図-6に示すとおりである。版の温度応力は、材料の線膨張係数、緩和弾性率、ポアソン比により変化し、モデル化した日温度変化を用いて計算した値は、-17°Cの温度で19 $\sim$ 41 MPa(線膨張係数が $2.67 \sim 5.14 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 、ポアソン比が0.2 $\sim$ 0.5の場合に相当する)程度である。

5. あとがき

2. の理論式を用いれば、現場の気象条件(冬季の日温度変化)およびアスコンの力学的諸係数を測定することによって、アスファルト舗装体の温度応力を推定することが可能である。

参考文献

- 1) Carl L. Monismith, G. A. Secor and K. E. Secor; Temperature Induced Stresses and Deformations in Asphaltic Concrete, Procs. of A.A.P.T. vol. 34, 1965
- 2) John S. Humphreys and Charles J. Martin; Determination of Transient Thermal Stress in a Slab with Temperature-dependent Viscoelastic Properties, Transactions of the Society of Rheology, vol. VII, 1963
- 3) E. H. Lee and T. G. Rogers; Solution of Viscoelastic Stress Analysis Problems Using Measured Creep or Relaxation Functions, Jour. of Applied Mech., March, 1963

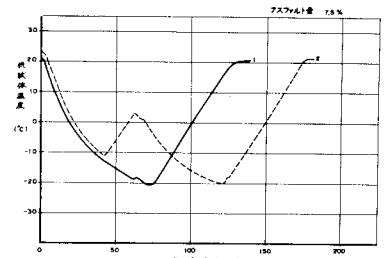


図-3 供試体温度と経過時間の関係

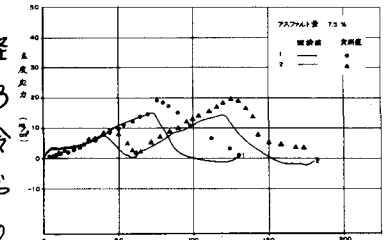


図-4 温度応力と経過時間の関係

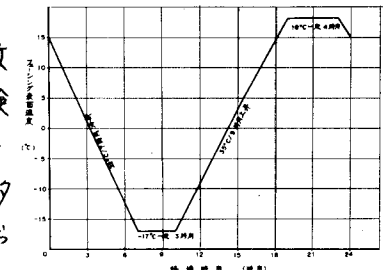


図-5 スラブ表面のモデル温度変化

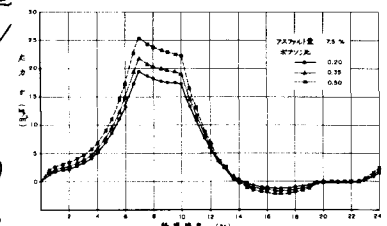


図-6 計算した温度応力