

東北大学 ○正員 村井貞規
 東北大学 正員 福田 正
 東北工業大学 正員 高橋彦人

1. はじめに

舗装は不断に自然環境の影響を受け、その温度分布は常に変化している。特にアスファルト舗装においては、温度はその挙動に大きな影響を及ぼすことが知られている。したがって実際のアスファルト舗装の温度分布を知ることがきわめて重要であるといえる。このアスファルト舗装の温度分布についてのシミュレーションを行なうには舗装材料の熱定数と実際の舗装の温度分布が必要である。そこで本研究では仙台地区にアスファルト試験舗装を舗設し、舗装内の温度分布について実測値を得るとともに、試験舗装材料の熱定数値の測定を行ない、これらの結果を用いて舗装内温度についてのシミュレーションを試みたものである。また熱定数に關して従来とは異なった形で測定を行ない比較を試みた。

2. 舗装材料の熱定数の測定

舗装内の温度分布を数値解析により求めるためには、舗装材料の正確な熱定数を知る必要がある。ここではW.T. Thomson の測定法を参考に円筒供試体と、より舗装の締固め状態に近い平板供試体を用いた。供試体寸法は円筒供試体が外径20cm高さ40cmで温度拡散率の測定を行ない、熱伝導率の場合はさらに中央部径4cmの円筒を入れて測定した。平板供試体は高さ55cm幅60cm厚さ5cmとし熱伝導率について測定した。舗装材料としては表層の密粒アスコン、基層の粗粒アスコン、路盤材料の碎石、路床のローム土を使用した。これらの材料の熱定数値を表1に示す。この結果から平板を用いた方法が従来の方より良く締固めることが示された。

	温度拡散率 cm ² /sec	熱伝導率 J/cm sec °C	
		円筒供試体	平板供試体
密粒 アスコン	0.00445	0.01030	0.01003
粗粒 アスコン	0.00416	0.00911	
碎石	0.00343	0.00444	0.00579
ローム土	0.00450	0.00602	0.00949

表1 舗装材料の熱定数値

3. 舗装構造及び温度分布の測定

試験舗装は表面が10.0m×2.6mで断面は図-1に示したとおりである。舗装厚は表層、基層とも10cmで通常の舗装よりやや厚めとした。これは特にアスファルト層内の温度分布に着目し、正確を期したためである。碎石路盤の厚さは30cmとし、路床には原地の材料をそのまま用いた。

舗装内温度分布の測定には熱電対を使用し、図-1に示したように12点で測定点として選んだ。その内5点をアスファルト層内用とし、1点を表面気温用とした。得られた結果は、自記記録計により記録した。

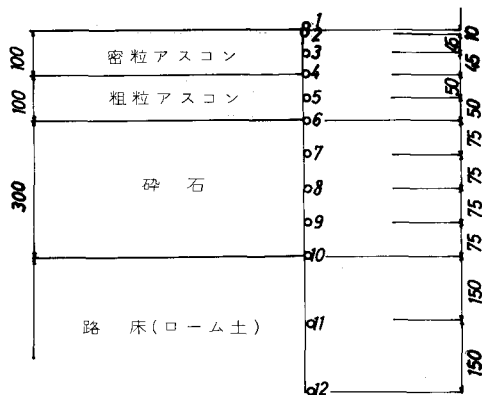


図-1 舗装断面

4. 測定結果

測定開始からほぼ5ヶ月間にわたって得られた結果によると、舗装が最も大きな温度変化を受けるのは夏期の晴天時で温度変化の勾配は上昇側が大きくなる。またアスファルト層が大きな温度変化を受けた場合でも路床面はほとんど影響を受けない。図-2にアスファルト層の温度分布の実測例を示す。

図-3は晴天時の舗装面気温と舗装温度の差の絶対値と、舗装温度の勾配の関係を示したものであるが、温度上昇時と降下時のそれぞれについてほぼ線形関係が成立していることがわかる。しかしこの関係は最高、最低温度付近では明確ではない。したがってこの部分については仮定を導入することにより表面気温から舗装の温度分布を知ることも可能になるといえる。

5. シミュレーション

図-2に示したように舗装の温度変化は単純な正弦波形を呈さない。そこで温度分布を正確に予測するには表面温度の現実にそくして与える必要がある。ここでは表面温度をフーリエ級数により表示した。フーリエ係数をフーリエアナライザーにより決定し、項数を採用した。

舗装構造の層構造と仮定すると熱伝導方程式は次式となる。

$$\frac{\partial T_i}{\partial t} = K_i \frac{\partial^2 T_i}{\partial x^2} \quad (i=1, 2, 3) \quad \dots \dots (1)$$

ここで $T_i(t, x)$: (t, x) における温度, t : 時間, x : 深さ, K_i : 各層の温度拡散率

$$T_i(0, x) = 0 \quad (\text{初期条件}) \quad \dots \dots (2)$$

$$T_1(t, -h_1) = f(t), \quad T_2(t, \infty) = 0, \quad T_1(t, 0) = T_2(t, 0)$$

$$\lambda_1 \frac{\partial T_1(t, 0)}{\partial x} = \lambda_2 \frac{\partial T_2(t, 0)}{\partial x}, \quad T_2(t, h_2) = T_3(t, h_2), \quad \lambda_2 \frac{\partial T_2(t, h_2)}{\partial x} = \lambda_3 \frac{\partial T_3(t, h_2)}{\partial x} \quad \left. \begin{array}{l} \text{(境界条件)} \\ \dots \dots (3) \end{array} \right\}$$

ここで λ_i : 各層の熱伝導率, h_i : i 層厚である。(1), (3)式をラプラス変換により解きさらに逆変換してフーリエ級数を $f(t)$ に与えることにより T_i を得ることが出来る。図-2にこの方法によるシミュレーション結果の破線で示した。

6. おわりに

アスファルト舗装内の温度分布について舗装材料の熱定数の測定を行ない、さらにこの値を用いてシミュレーションを実施し、実測値との比較を行なった。これにより多層構造でのフーリエ級数を用いた解析方法の有意性を明らかにした。またより実際に使用されている状態に近いアスファルト混合物の熱定数の測定法を示した。さらに試験舗装の測定結果よりニュートン則について検討した。

参考文献) W.T. Thomson: A Method of Measuring Thermal Diffusivity and Conductivity of Stone and Concrete, Proc. A. S. T. M. Vol. 40, 1940.

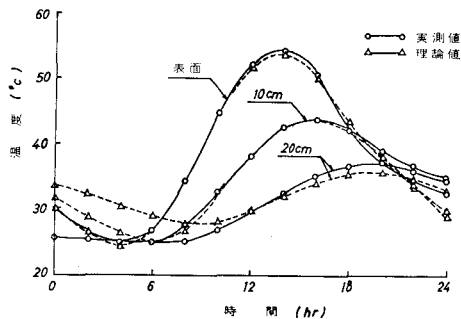


図-2 温度分布日変化と解析例

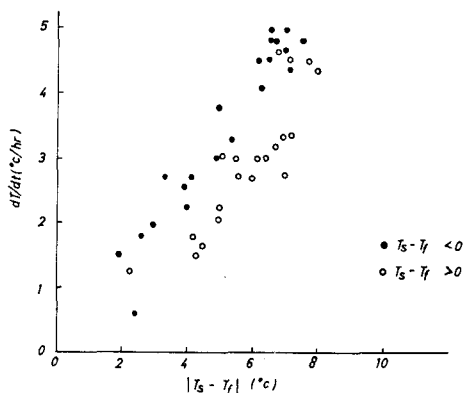


図-3 $\frac{dT}{dx}$ と $|T_s - T_t|$ の関係