

仙台地方におけるアスファルト舗装の温度分布について

○東北大学工学部 正員 村井貞規
東北工業大学工学部 正員 高橋彦人
東北工業大学工学部 正員 今楚辰郎

1. はじめに

舗装は常に自然環境の影響を受けその温度分布は不断に変化する。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。著者は仙台市八木山地区に温度分布測定のためのアスファルト舗装を舗装し継続的な計測を行ない、アスファルト舗装の温度変化に対する挙動について調査してきた。本報告は、これまでに得られた試験舗装の温度分布の観測結果について述べるとともに、各々の舗装材料の熱定数値の測定も行ないその結果を用いた多層構造の温度分布に関するシミュレーションについて述べたものである。

2. 舗装構造及び温度分布の測定

舗装した試験舗装は表面が $10.0\text{m} \times 2.6\text{m}$ で断面は図-1に示したとおりである。表層は密粒アスコン、基層は粗粒アスコンとした。舗装厚はそれぞれ 10cm で通常の舗装よりやや厚めとした。これはアスファルト層内の温度分布に特に着目したためである。路盤には砕石を用い、舗装厚は 30cm とした。

舗装内温度の測定には熱電対を使用し図-1に示したように12点も測定点に張んだ。得られた結果は自記記録計により記録した。

3. 測定結果

舗装にとって最も厳しい温度条件は夏期の晴天時と云える。測定された晴天時の日温度変化の一例を図-2に示す。この場合、温度変化は温度上昇の勾配が大きく、下降の勾配が小さい。また一般に表面は大きな温度変化を受け、場合でも路床面はほとんど影響を受けない。

図-3は測定開始からほぼ4ヶ月間の日最高気温と舗装内の最高温度の相関を示したものである。相関係数は0.91で強い相関を有するのは当然であるが舗装内温度がやや高い傾向を有している。

4. 舗装材料の熱定数

舗装内の温度分布を数値的に明らかにするには、舗装材料の熱定数を知る必要がある。ここではW.T. Thomsonの測定方法を参考にして熱伝導率、温度拡散率を得た。供試体の寸法は外径が 20cm 高さ 40cm で、さらに熱伝導率の場合は

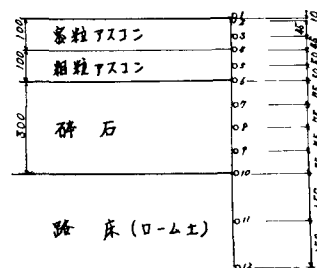


図-1 舗装断面

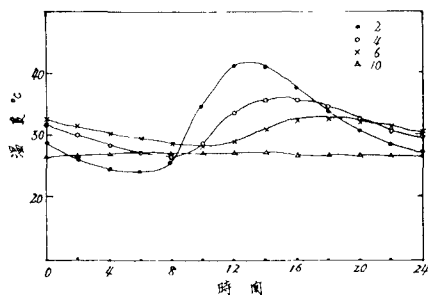


図-2 温度分布日変化

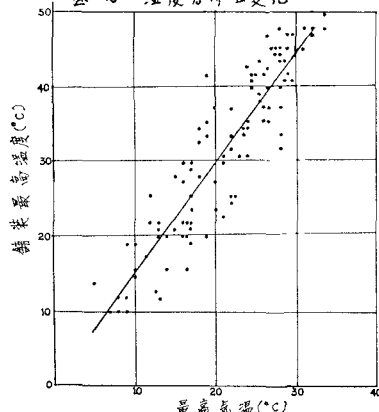


図-3 舗装最高温度と気温の相関

内側に径 4cm の筒を入水内部の水を加熱することにより熱定数の測定を行なった。得られた熱定数値を表-1に示す。

5 温度分布の解析

図-2に示したように1日の舗装の温度変化は、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ためには表面温度をフーリエ係数として表示することが必要である。図-2に対するフーリエ係数を表-2に示す。解析はフーリエアナライザーによった。

舗装の熱定数値に關しての層構造と仮定すると熱伝導方程式は次式となる。 T_1, T_2 は各層の温度として

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial T_1}{\partial t} &= k_1 \frac{\partial^2 T_1}{\partial x^2} \quad (-h < x < 0, 0 < t) \\ \frac{\partial T_2}{\partial t} &= k_2 \frac{\partial^2 T_2}{\partial x^2} \quad (0 < x, 0 < t) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

初期条件及び境界条件は $f(t)$ を表面温度として

$$T_1(0, x) = T_2(0, x) = 0 \quad (2)$$

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

$$\lambda_1 \frac{\partial T_1(t, 0)}{\partial x} = \lambda_2 \frac{\partial T_2(t, 0)}{\partial x} \quad (3)$$

λ_1 ; 1層の熱伝導率, k_1 ; 1層の温度拡散率
これらの条件のもとに1層の解は次式となる。

$$T_1 = \frac{a_0}{2} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n v^n \left\{ v \operatorname{erf} \left(\frac{A_1}{2\sqrt{t}} \right) + \operatorname{erf} \left(\frac{A_2}{2\sqrt{t}} \right) \right\} \\ + c_1 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n v^n \left\{ u A_1 \int_0^b \sin di \frac{e^{-\frac{A_1^2}{4kt}}}{\sqrt{t}} dz + A_2 \int_0^b \sin di \frac{e^{-\frac{A_2^2}{4kt}}}{\sqrt{t}} dz \right\}$$

ここで $c_1 = a_1, c_2 = a_2, c_3 = b_1, c_4 = b_2, A_1 = (2n+1)\pi h - x, A_2 = 2n\pi h + x, u = \frac{\lambda_2 \sqrt{k_1}}{\lambda_1 \sqrt{k_2}}, v = \frac{1-u}{1+u}$

$$d_1 = \frac{2\pi}{T_0}(t-\tau), d_2 = \frac{2\pi}{T_0}(t-\tau), d_3 = \frac{2\pi}{T_0}(t-\tau) + \frac{\pi}{4}, d_4 = \frac{2\pi}{T_0}(t-\tau) + \frac{\pi}{4}$$

これらに実際の値を入れることにより解を得ることになる。この結果を図-4に示す。

5. あらまし

仙台地方における舗装の気温-温度の相関関係などを実験により得ることになった。さらに測定を続けてより包括的なものになりたい。舗装内温度分布については有意性のあるシミュレーション結果が得られたが、さらに多層構造を対象とするとともに、アスファルト舗装内の温度応力などに着目した解析を行なっていきたい。

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

	熱伝導率 λ		温度拡散率 k	
	J/cm sec °C	Kcal/m hr °C	cm²/sec	m²/hr
細粒アス	0.01030	0.885	0.00445	0.00160
粗粒アス	0.00911	0.783	0.00416	0.00150
碎石	0.00444	0.382	0.00343	0.00124
ローム土	0.00602	0.517	0.00450	0.00162

表-1 熱定数値

フーリエ係数	a_1	a_2	a_3	b_1	b_2	b_3
値	-5.56	2.84	-0.93	-4.71	1.86	0.22

表-2 フーリエ係数

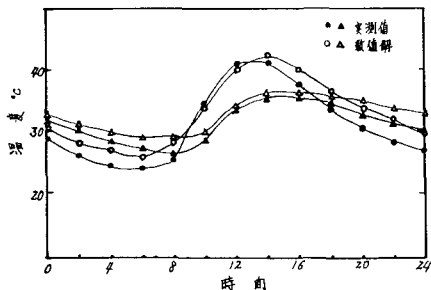


図-4 解析例

(4)