

V-9

異方性を考慮に入れたアスファルト混合物の熱拡散率の推定方法に関する研究

武蔵工業大学 正員 渡辺 隆
東京工業大学 正員 姫野賢治
東京都庁 正員 ○勝呂 太

1. 緒言

アスファルト混合物の伝熱特性は、材料単体の伝熱特性およびその配合比に依存し、各混合物に固有のものであろうと考えられる。熱拡散率は熱伝導率を熱容量で除したものであり、拡散方程式に直接現れる係数であるが、アスファルト混合物は力学的にはかなり異方性を有すると言われており〔1〕、等方的材料の理論解に基づく測定方法は適当ではないと考えられる。

筆者らはこれらの点を改良した実験装置を新たに開発し、非定常解析を行ってアスファルト混合物の熱拡散率を求め、その結果、熱拡散率はどの一つの配合因子からも一義的には定まらないことを示した〔2〕。本研究は、アスファルト混合物内部の熱の流れをモデル化し、文献〔3、4、5〕に見られる各成分の伝熱特性(Table.1)のみから、熱拡散率の値の理論的な推定を行なうことを目的とした。また、検証用のデータは過去の研究で示したもの〔2〕の他に若干の追加実験を行ったものを用いた。以下、混合物構成材料の熱伝導率〔W/(m・K)〕、比熱〔J/(kg・K)〕、密度〔kg/m³〕、容積率をそれぞれ λ 、 C 、 ρ 、 w で表わし、骨材、アスファルト、空気の順に添え字1、2、3を付するものとする。

2. アスファルト混合物内部の伝熱モデル

2.1 均質モデル (Homogeneity Model) とパイプモデル (Pipe Model)

前者は、骨材、アスファルト、空気の各成分が混合物中に一様に混合しているとした場合のモデルで、混合物全体の熱伝導率は、容積率を重みとする各成分の熱伝導率の調和平均となり、これを合成の熱容量で除することにより、混合物の熱拡散率は、

$$\kappa^2 = \left(\sum_{i=1}^3 \frac{w_i}{\lambda_i} \right)^{-1} \cdot \left(\sum_{i=1}^3 w_i \rho_i C_i \right)^{-1} \quad (1)$$

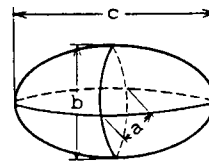
と表わすことができる。これは、理論的に最も熱の流れにくい場合のモデルであり、多層構造体の伝熱特性を記述する式とも一致する。また、後者は、各成分が流熱方向にパイプ状になっているモデルであり、この場合の合成の熱伝導率は、各成分の容積率を重みとする算術平均となり、混合物全体の熱拡散率は、

$$\kappa^2 = \left(\sum_{i=1}^3 w_i \lambda_i \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^3 w_i \rho_i C_i \right)^{-1} \quad (2)$$

と表わすことができる。

2.2 楕円体モデル (Ellipsoid Model)

以下では、アスファルト混合物の異方性を考慮に入れた伝熱モデルを示す。ただし、すべての骨材は粒径によらずに同一の熱的性質を持つものとし、その表面は滑らかであると仮定した。これは、表面の凹凸量に比較してバンダーの膜厚が十分大きいと考えられるためである。



$$\bar{b} = 0.71\bar{a}$$

$$\bar{c} = 1.45\bar{a}$$

Fig.1 A Crushed Stone Modeled as an Ellipsoid

Table.1 Thermal Properties of Mix Components Used for Measurement of Thermal Diffusivities

	Thermal Conductivity [W/(m・K)]	Specific Heat [J/(kg・K)]	Density [kg/m ³]
Asphalt[3]	0.159-0.00126	759+3.39 θ	1020
Air[4]	0.00194(1+0.000194 θ) $\sqrt{\theta(1+117/\theta)}$ ⁻¹	1410	1.17
Aggregate[5] (Sandstone)	1.852	711.8	2243

* θ : Temperature [K]

いま、Fig.1 に示すように、個々の骨材の形状を3方向の半径の異なる楕円体で近似しうるとし、これらの半径を a 、 b 、 c ($b \leq a \leq c$) とする。ふるい目の大きさを代表するのは a であるので、ランダムに抽出した50粒の6号碎石についてこれらの比率の平均値を a について調べたところ、 $\bar{b}=0.71\bar{a}$ 、 $\bar{c}=1.45\bar{a}$ を得た。空気と Fig.2 に示すような粒径 a_f 以下のフィラー (図の①の部分) をとりこんだアスファルトがバインダーとしてこれらの各骨材のまわりに一様な厚さで付着すること、粒径 a_c 以下の細骨材 (図の②の部分) はそれ以上の骨材の間隙を満たす役割を果たし伝熱には寄与しないこと、転圧の結果各骨材は最短半径が鉛直になる方向に配向すること、熱はバインダーを通じて各骨材に達した後、各骨材の中心を通過して流れ出ていくこと、などを仮定してアスファルト混合物の熱拡散率を理論的に定量化した。

なお、この限界の粒径 a_c の値は、主に粗骨材の平均的な粒径に依存しているものと思われるが、本研究ではこれを最大粒径で代表させ、平均的な20mmの場合には0.5mmを限界の粒径とし、最大粒径が13mmの場合には0.4mm、最大粒径が2.5mmの場合には0.2mmをそれぞれ限界の粒径と仮定した。この場合の合成の熱拡散率は、

$$\kappa^2 = \left[\int_{a_c}^{a_{\max}} \frac{1}{V \cdot \lambda_r(a)} \cdot \frac{dV(a)}{da} da \right]^{-1} \cdot \left[\sum_{i=1}^3 w_i \rho_i C_i \right]^{-1} \quad (3)$$

ここに、 V は全体の体積、 $dV(a)$ は粒径が $[a, a+da]$ に入る骨材およびそのまわりに付着したバインダーの合計の体積、 $\lambda_r(a)$ は、粒径 a の骨材とそのまわりに付着したバインダーの合成した熱伝導率である。

3. 実測値との比較

20℃の温度を例にとり、これらのモデルによって推定された熱拡散率と実測の熱拡散率と比較した結果は、Fig.3 のとおりである。こりより、均質モデルは実測値に比べて熱拡散率を過小に評価し、また、パイプモデルは過大に評価していることがわかる。一方、本研究で示したモデルは実測値を比較的良好に説明しており、しかも他の単純なモデルと比較して、混合物の組成の違いが熱拡散率に与える影響をかなりの確に説明できると言えよう。

4. 結言

以上、アスファルト混合物の異方性を考慮に入れた伝熱モデルを示し、実測結果と比較した。本モデルは、骨材の粒度分布、配合などが異なる場合や、転圧方向と直角の方向の熱の流れを考える場合などにも容易に適用することができる。

(参考文献)

- [1] 新田 登ほか：JSCE, No.329, pp.117-125
- [2] 渡辺 隆ほか：第39回年講、V-222
- [3] Birth, E.J. : Asphalt Science and Technology, 1968
- [4] 栗野誠一ほか：伝熱工学、丸善、1960
- [5] Meyers, G.E. : Analytical Methods in Conduction Heat Transfer, 1971
- [6] 菅原照雄ほか：土木材料 III、共立出版、1977

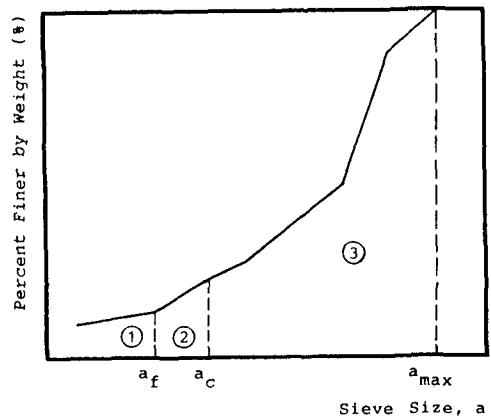


Fig.2 Schematic Diagram of Combined Aggregate Grading Curve of Asphalt Mix

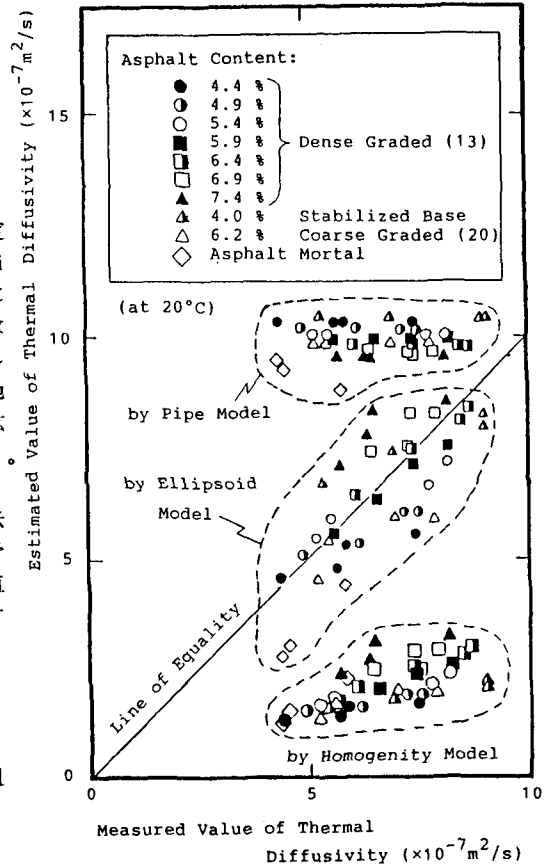


Fig.3 Comparison of Measured and Estimated Thermal Diffusivities by Various Models