

東京電機大学 学生会員 荻野 光 鹿島道路技術研究所 正会員 東 滋夫
 東京電機大学 フェロー会員 松井 邦人 同上 正会員 金井 利浩

1. はじめに

舗装内部温度は、日射や放射といった輻射熱の影響によって、大きく変化する。特にアスファルト舗装はその表層材として感温性の高いアスファルト混合物という複合材料を用いている。そのため、繰返し交通荷重を受けた際の挙動や路面性状は、舗装構成材料の力学的特性や、交通車両の走行特性だけでなく、表・基層内部の温度分布にも強く依存される。また、舗装の支持性能評価に用いられる FWD の推定たわみ量が、温度の影響により昼夜間で顕著な違いがあることや、環境問題との関係について指摘されている。そこで、本研究では、舗装内部の測定データから熱物性値を推定する。

2. コントロールボリューム法

温度解析にはコントロールボリューム法を用いる。コントロールボリューム法は着目する接点と隣接する接点を含む要素で、着目する接点に流入・流出する熱エネルギーの収支を表わしたものである。図-1 に解析モデルを示す。図-1 より接点 i でのエネルギー収支は以下ようになる。

$$rC\Delta z \frac{T_i^p - T_i^{p-1}}{\Delta t} = \frac{K}{\Delta z} (T_{i-1}^p - T_i^p) + \frac{K}{\Delta z} (T_{i+1}^p - T_i^p) \quad (1)$$

ここに、K：熱伝導係数、C：比熱、r：密度を表わす。

式(1)を書き直すと、

$$-\frac{K}{\Delta z} T_{i-1}^p + \left(\frac{rC\Delta z}{\Delta t} + \frac{2K}{\Delta z} \right) T_i^p - \frac{K}{\Delta z} T_{i+1}^p = \frac{rC\Delta z}{\Delta t} T_i^{p-1} \quad (2)$$

$$-\frac{I}{\Delta z} T_{i-1}^p + \left(\frac{\Delta z}{\Delta t} + \frac{2I}{\Delta z} \right) T_i^p - \frac{I}{\Delta z} T_{i+1}^p = \frac{\Delta z}{\Delta t} T_i^{p-1} \quad (3)$$

ここに、 $I = K/rC$ は熱拡散率、 Δt は時間刻み、 Δz は

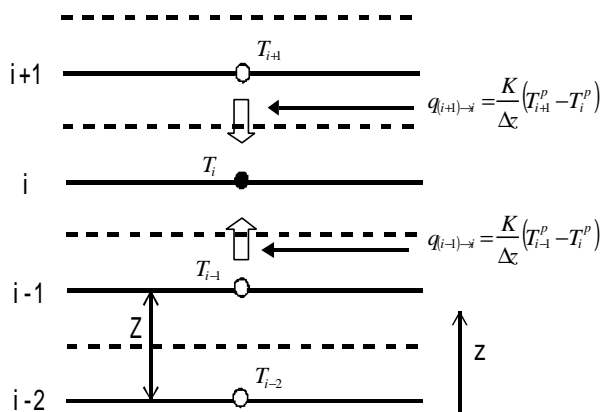


図-1 解析モデル

接点間隔、 T_i^p は接点 i での時間 p における温度である。

上下面の温度を既知として連立方程式を解き温度解析を行う。

3. 温度測定断面と温度解析

今回使用した測定温度データは、鹿島道路技術研究所内にある試験ピットのアスファルト舗装 (D 交通断面) とコンクリート舗装での測定値を用いる。その断面図を図-2 に示す。データは、1995 年 1 月から 1998 年 12 月までの期間に 1 時間間隔で測定されたものを用いる。

解析モデルは、アスファルト舗装では深さ 5mm から 225mm の間で、コンクリート舗装では、深さ 5mm から 320mm の間で、上面、下面の温度を境界条件とし、それぞれ 5mm 間隔で解析する。センサーの位置は図-2 に示す。

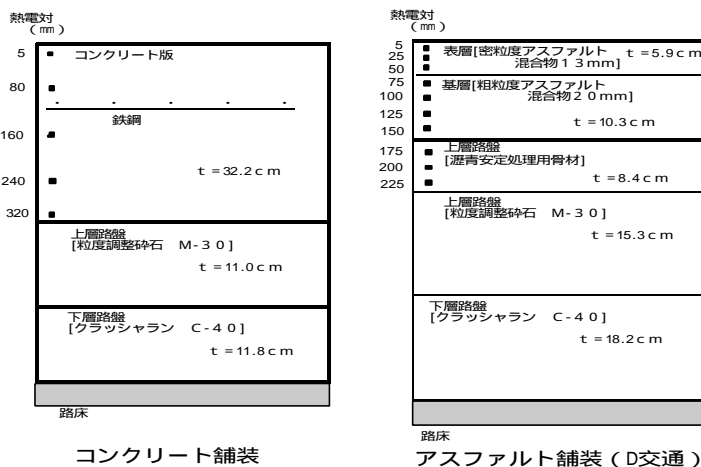


図-2 断面図

4. 解析結果

本研究では1995年から1998年に鹿島道路栗橋機械センターで計測された温度データを用いて、式(3)の(熱拡散率)を推定している。この(熱拡散率)の変化を調べるため1ヶ月間の温度データを用いて逆解析を行う。その収束過程の一例を図-3に示す。アスファルト舗装およびコンクリート舗装の解析温度と測定温度の一致度のグラフを図-4、5にそれぞれ示す。図-3よりアスファルト舗装およびコンクリート舗装とも5回程度で収束している。アスファルト舗装では解析温度と測定温度はよく一致しているが、コンクリート舗装では240mmの位置の一致度が低くなっている。

アスファルト舗装およびコンクリート舗装の温度解析により得られた熱拡散率を図-5、6に示す。解析で得られたアスファルトとコンクリートの熱拡散率は両者とも0.0028~0.0032(m²/h)の間で変動している。両者とも、冬の時に高く、夏の時に低くなる傾向がみられる。アスファルトの熱拡散率は年が経過しても値の変化量は少ない。一方、コンクリートの熱拡散率は年が経過すると減少する傾向がある。

5. おわりに

舗装内部温度は日射や放射という輻射熱の影響を受けている。本研究で舗装内部で十分な数の温度センサーが配備されていると輻射熱を考慮せずに熱拡散率を推定できることが明らかになった。アスファルトとコンクリートの熱拡散率はほぼ同じで0.0028~0.0032(m²/h)である。

収束過程の一例

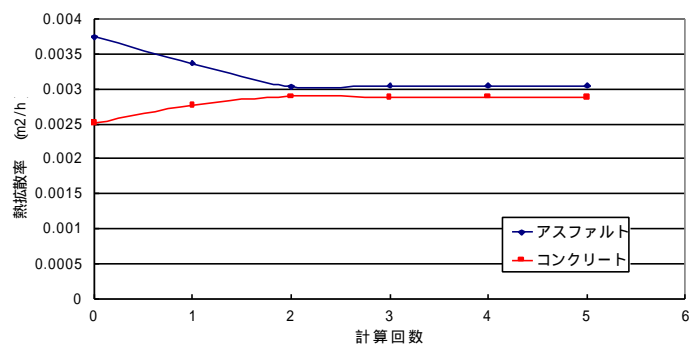


図-3 収束過程

アスファルト舗装 解析温度の一致度

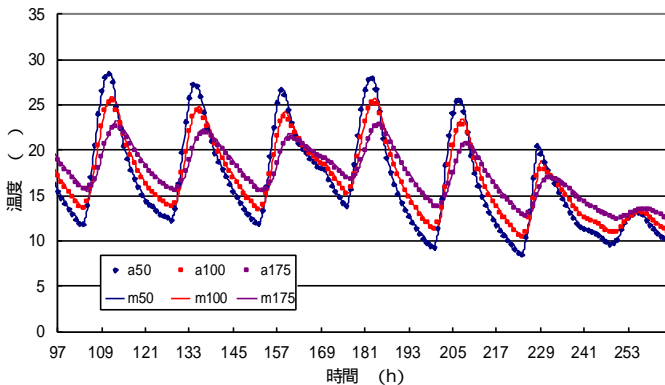


図-4 アスファルトの解析温度の一致度

コンクリート舗装 温度の一致度

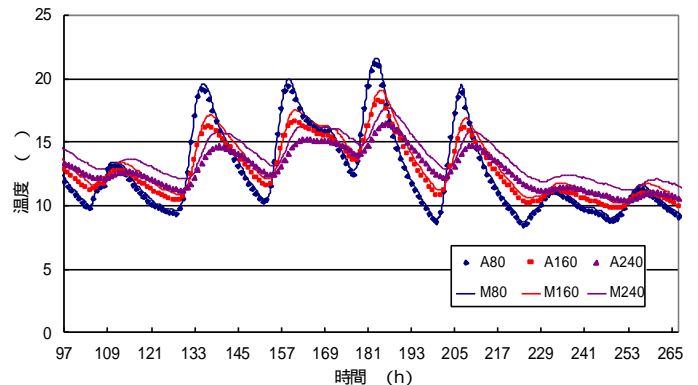


図-5 コンクリートの解析温度の一致度

鹿島道路 D交通断面 熱拡散率

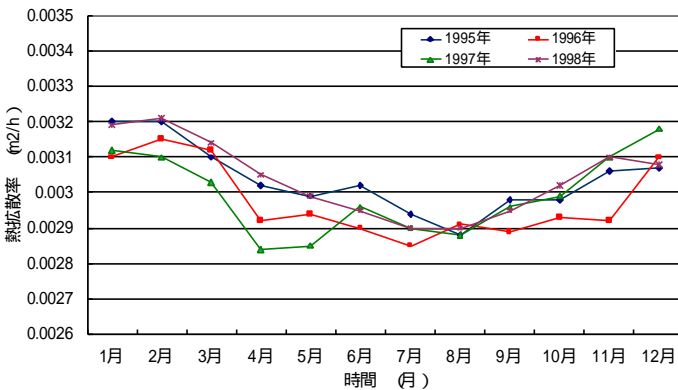


図-6 アスファルトの熱拡散率

鹿島道路 コンクリート断面 熱拡散率

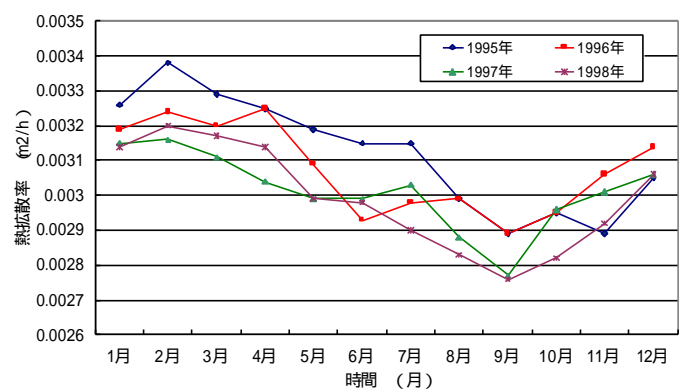


図-7 コンクリートの熱拡散率