

V-175 透水性舗装の熱的特性に関する研究

新潟大学大学院 学生会員 大久保和正
 新潟大学工学部 正会員 大川秀雄
 福田道路（株）技術研究所 本間 悟

1. はじめに

近年、透水性舗装の車道への拡大が注目されている。これは従来の密粒度舗装にはない機能があるためである。透水性舗装は空隙を多く、かつ連続させることで雨水が地中に浸透するように開発されたものである。このため、熱的特性が密粒度舗装の場合と異なると考えられる。今後、透水性舗装の車道への拡大が進めば熱的影響も大きくなり、これを予め把握することは道路管理上も重要であると考えられる。そこで本研究では、定量化への基礎とするため透水性舗装の熱的特性、特に温度拡散係数に着目して、現場での温度測定値を用いて検討を加えた。

2. 解析方法

2.1 透水性舗装の断面

本研究で対象とした透水性舗装の断面を図1に示す。この透水性舗装は新潟市大山台に敷設されていて、軽交通路線で生活道路になっている。表層混合物は、高粘度改質アスファルトを用いた空隙率23%、13mmトップの排水性舗装である。上層路盤にはストレートアスファルト60/80に改質材を添加した空隙率25～30%の20mmトップの透水性アスファルト安定処理混合物（以下ATPMと略す）を用いた。下層路盤は標準的なクラッシャー

表層（排水性舗装）	t=5cm * 2.5cm
上層路盤（ATPM）	t=5cm * 7.5cm
下層路盤（C-40）	t=20cm * 20cm
路床（砂丘砂）	* 80cm
	* 130cm

図1 透水性舗装の断面

ランC-40である。路床土は砂丘砂そのものであり、1m以上連続していることが確認されている。またこの透水係数は室内試験等によって0.02cm/s程度であることが確認されていて、これより上にある表層や路盤の透水係数はこれよりかなり大きな値である。図中の*印は、熱電対の埋設位置で図の右側に表面からの深さを示す。温度測定はその熱電対によって、30分間隔に測定することを基本とし、データローガで記録した。熱電対の測定範囲は、-40～110℃であり、測定精度は±0.3℃である。また、熱電対は保護管を付けて耐水処理を施してある。

2.2 理論計算

温度挙動に関する方程式は、次に示す熱伝導方程式である。

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \kappa^2 \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad \dots\dots \text{①式}$$

ここで、温度拡散係数 κ^2 (m²/s) は、熱伝導率 λ (J/msK)、密度 ρ (kg/m³)、比熱 c (J/kgK) を用いて、

$$\kappa^2 = \lambda / (\rho c) \quad \dots\dots \text{②式}$$

である。①式の熱伝導方程式を中央差分方程式に置き換えて、

$$T_{i,j+1} = T_{i,j} + \gamma (T_{i+1,j} - 2T_{i,j} + T_{i-1,j}) \quad \dots\dots \text{③式}$$

ここで、 $\gamma = (\kappa^2 \Delta t) / \Delta x^2$ と表す。この定数 γ は、 $0 < \gamma < 0.5$ でなければならないことが分かっている。また i は深さ方向のメッシュ、 j は時間ステップを示す。

初期条件は時刻 $t=0$ における各層の温度、境界条件は深さ $x=2.5\text{cm}$ 、 130cm における30分ごとの温度である。初期条件、境界条件とも中間点は2点を1次式で補間した。ここで、温度拡散係数 κ^2 は温度によって、また透水性舗装のように空隙に水が含まれることなどによって値が変化するため、これを確定することは容易でない。そこで本研究では、各層の定数 γ の値を仮定して与え、実測値に最も近い温度分布を示したときの各層の定数 γ の値の組み合わせを求めた。つまり逆解析的な手法を用いて解析を試みた。そして、①として時間方向の格子間

キーワード：透水性舗装、熱的特性、温度拡散係数

〒950-2181 新潟市五十嵐二の町 8050 番地 新潟大学工学部 建設学科 TEL025-262-6793、FAX025-262-7021

隔 Δt の違いによる実測値との誤差を調べるために、 Δt を1, 3, 5, 10, 15秒と変化させてそれぞれについて計算した。一日の温度変化を上昇段階、下降段階、一定段階の8時間ずつ3区分の境界条件として与えて計算した。また、②として表層に近いほど温度が高い状態について、また、逆に、表層に近いほど温度が低い状態のように、熱が一方に流れているときの計算を試みた。また、このとき温度の境界条件を3時間分与えて、最低温度から最高温度に至るまで境界条件を30分ずつずらしてそれぞれ計算した。

3. 結果及び考察

表1は1997年11月9日の①について、時間方向の格子間隔の違いと誤差を示している。ここでの誤差とは、実測値と計算値の差の累計である(図2)。時間方向の格子間隔が小さいほど、実測値と計算値はよく一致するように考えられる。確かに1秒の方が誤差は小さくなっているものの、1秒と15秒ではそれほど大きな差はなく、時間方向の格子間隔を1秒としても、15秒としても差し支えない結果であると思われる。これは条件の中間点を1次式で補間したため大きな差が出なかったと考えられる。これらのことから、格子間隔は5秒とする。

図3は1998年7月5、24日、8月5日の②についての温度拡散係数と温度変化率の関係を示している。表層と、ATPMにおいて温度変化率の小さい温度上昇段階の終盤で温度拡散係数は小さくなり、上昇段階の序盤で温度拡散係数は大きくなっている。また、路盤では温度変化率に関わらず一定の温度拡散係数をとっている。そして路床において温度変化率はほぼ0を示している。また、図4は1997年11月2、8、9日の温度拡散係数と温度変化率を示している。表層、ATPM、路盤では温度変化率に関係なく温度拡散係数はほぼ一定の値である。そして、表層、ATPMの温度拡散係数は夏期の温度拡散係数に比べて小さくなっている。この違いは夏期と冬期の温度変化の特性の違いによると思われる。路床の温度がほとんど一定として、表層やATPM、路盤の温度が大きく変わる夏期とそれほど大きく変わらない冬期を考えてみる。夏期は深さ方向に向かって温度勾配が大きく、冬期はそれに比べて小さくなる。温度勾配が大きいということは熱を伝えやすく、温度勾配が小さいということは熱を伝えるにくいと考えると、夏期の温度拡散係数は冬期に比べて大きくなると推定され、計算結果の傾向とは一致する。

本研究の計算では、初期条件、境界条件の中間点は1次式で補間している。しかし、現実の舗装体の熱伝導は非定常であり、温度変化が著しいと考えられる。このため、特に夏期において1次式で条件を補間することは現象を正確に再現しきれない部分があると思われる。

4. まとめ

- ・ 初期条件、境界条件のより細かいデータを用いることで精度の向上が期待できる。
- ・ 初期条件、境界条件の補間方法を見直すことが必要である。

表1 時間方向の格子間隔の違いと誤差(°C)

	1秒	3秒	5秒	10秒	15秒
上昇段階	31.64	31.67	31.67	31.78	31.76
下降段階	15.70	15.74	15.75	15.76	15.76
一定段階	32.46	32.56	32.58	32.61	32.60

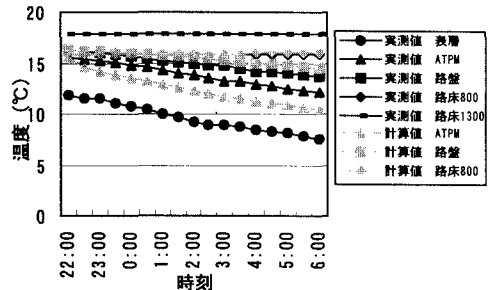


図2 11月9日(一定) 実測値と計算値の比較

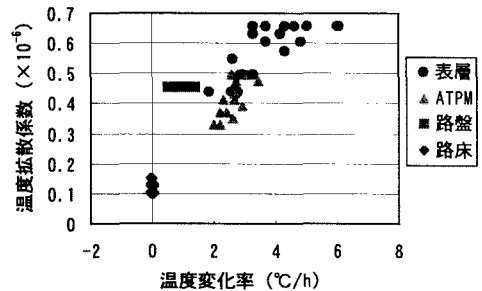


図3 温度変化率と温度拡散係数の関係(夏)

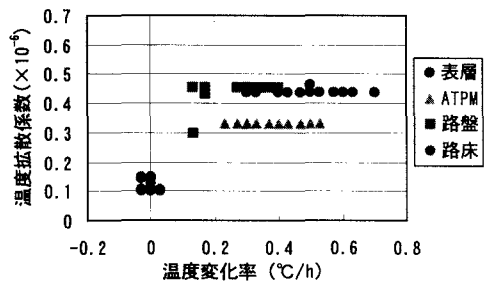


図4 温度変化率と温度拡散係数の関係(冬)