

V-3

ポーラスアスファルト混合物の熱的特性に関する研究

北海道大学工学部	学生員	南出 貴司
北海道大学工学部	正 員	姫野 賢治
北海道大学工学部	正 員	高橋 将

1. 緒言

近年、都市圏での周囲の温暖化（ヒートアイランド）現象が報告されている。主な原因として従来植物の生育していた箇所に建物や道路を作り、熱し易く冷め易いコンクリートあるいはアスファルト混合物が地表を覆うようになったことが指摘されている。

この様な中、透水機能、低騒音機能を有する舗装として知られているポーラスアスファルト舗装に用いられるアスファルト混合物は、通常の密粒度アスファルトコンクリートとは異なり、図-1に示すように多孔質な構造となっているため、気象条件（降雨、太陽の日射量など）を受けた場合の挙動が特殊で、それを用いた舗装の熱的特性もまた異なるものであらうことが予想される。

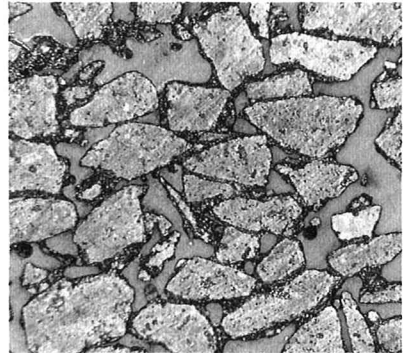


図-1 ポーラスアスコンの断面図

本研究は、このポーラスアスファルト混合物の熱的特性に着目し、空隙率の異なる数種のポーラスアスコンと、比較のための密粒度アスコンを用いて、室内で加熱による混合物内部の温度変化を測定し、その結果からそれらの温度拡散率を定量化することを目的とした。

2. 実験装置および実験方法

実験には、ポーラスアスファルト混合物3種類（No. 1～No. 3）と、密粒度アスコン1種類（No. 4）のマーシャル試験用円筒供試体（直径約10cm）を使用した。

ポーラスアスファルト混合物の合成粒度曲線を図-2に示す。温度測定には、熱電対（K-Ca）を使用し、図-3に示すように供試体の中心線に沿って上下方向5ヶ所に埋設した。各供試体の空隙率および実験後に供試体を切断して計測した熱電対の正確な埋め込み深さを表-1に示す。

実験中は、熱が供試体内部を上下方向にのみ一次元的に移動するように、供試体の側面を密粒度アスコンで作成した枠（縦20cm×横20cm×高さ10cm）で囲み全体が一枚の平板となるようにした。これは、側面をアスファルト混合物の断熱材で囲ったことと見なすこともできる。

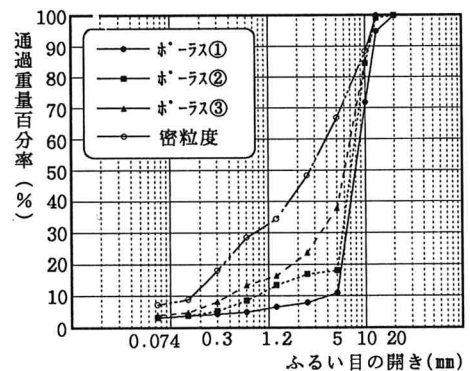


図-2 合成粒度曲線

Thermal Characteristics of Porous Asphalt Mixtures
By Takashi MINAMIDE, Kenji HIMENO and Masaru TAKAHASHI

表-1 混合物の間隙率と熱電対の埋設深さ

混合物の種類	空隙率 (%)	熱電対の下面からの距離 (cm)				
		1	2	3	4	5
開粒No. 1	29.3	0	2.3	4.7	7.3	8.7
開粒No. 2	23.9	0	1.5	3.5	5.7	8.5
開粒No. 3	22.0	0	2.2	4.8	7.3	9.4
密粒No. 4	9.3	0	2.0	4.5	6.6	9.0

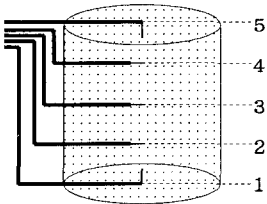


図-3 熱電対埋設位置

実験の手順を以下に示す。

- ① 供試体を約20℃の室温で約一日養生する。
- ② 供試体の上面または下面から加熱し、1分間隔で2時間各点と参考までに気温や断熱材として用いた周囲のアスファルト混合物の温度変化を測定した。

供試体の加熱には、以下の2種類の方法を用いた。

Case1. ランプによる加熱：供試体上方約20cmの位置から畜産に使用される遠赤外線ランプにより供試体の上面から加熱した（図-4）。

Case2. 温水による加熱：水が浸み込まないようにビニールで仕切りを設け、温めた水の上に置いて供試体の下面から加熱した（図-5）。

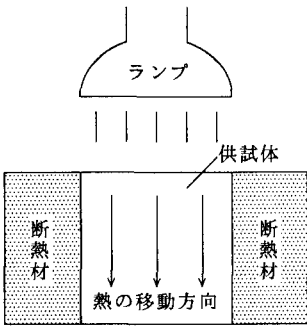


図-4 ランプによる加熱

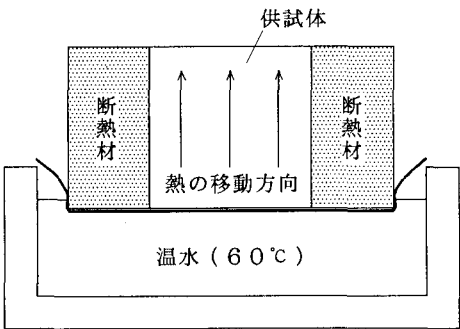


図-5 温水による加熱

以上の実験を、同一の供試体を用い、乾燥状態と、雨天時を想定して供試体を丸1日水中で養生し、10分程度表乾させた湿潤状態についてそれぞれ行った。測定結果の一例を、図-6に示す。

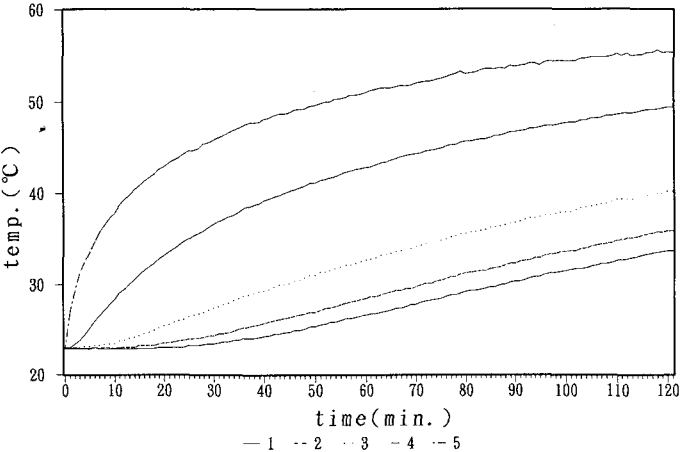


図-6 供試体内部の温度変化

3. 解析方法

得られた温度データをもとに以下に示す熱伝導方程式を用い、温度拡散率 κ^2 の計算を行った。温度拡散率 κ^2 は温度依存性がある¹⁾ため、測定結果を温度変化が3℃以内の部分に分け、その範囲内では温度拡散率は一定であるという仮定のもとで差分法による逆計算を行った。

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \kappa^2 \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} \quad \left(\kappa^2 = \frac{\lambda}{\rho c} \right)$$

θ : 供試体の温度 (K)

κ^2 : 供試体の温度拡散率 (m^2/s)

t : 測定時間 (s)

λ : 供試体の熱伝導率 (W/mK)

x : 供試体端部からの距離 (m)

ρ : 供試体の密度 (kg/m^3)

c : 供試体の比熱 (J/kgK)

これは空間的に2階、時間的に1階の偏微分方程式であるので、一つの初期条件と二つの境界条件より解を求めることができる。解析の手順を以下に示す。

- ① スプライン関数を用い、5点の温度データからセンサー2～4の間を解析の対象とした供試体内部の温度分布（初期条件）を求める。
- ② センサー2とセンサー4を境界条件とし、センサー3の中心温度が熱伝導方程式に最も合うような κ^2 を求めるため、繰り返し計算による逆解析を行う。
- ③ 中心温度の変化を3℃ごとに区切り、それぞれの温度における κ^2 を求める。

4. 結果および考察

3.の解析から求めたランプによる加熱の κ^2 を、乾燥状態の場合と湿潤状態の場合について以下の図-7に示す。

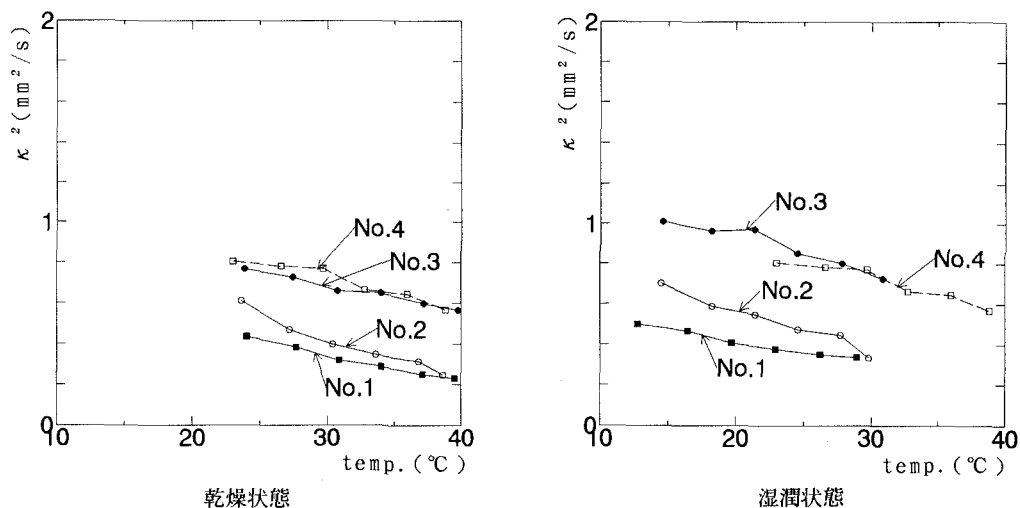


図-7

図-7より、以下のことが分かる。

① ポーラスアスファルト混合物の温度拡散率は、温度依存性を有しており、温度が高いほど温度拡散率は低い。尚、過去に密粒アスファルト混合物で行った実験では、さらに温度が高くなって、35℃～40℃を超えると、再び上昇する傾向にあることが知られている¹⁾が、本研究の温度範囲からははっきりとしない。

② ポーラスアスファルト混合物の温度拡散率は、間隙率が高いほど低い値を示す。しかも、間隙率が30%近いNo. 1の供試体では、間隙率が22%のNo. 3の供試体の約半分の値しかない。

No. 2の供試体は、間隙率が約24%で、No. 3の供試体に近いが、温度拡散率はかなり低い。これは、No. 3に比べて、No. 2の供試体はフィラー分が少なく、間隙率はほぼ同じでも混合物内で熱の伝わる経路が細いためであろうと推定される。

密粒度アスファルト混合物は、間隙率が低くこの意味では温度拡散率は高く出そうであるが、間隙率が約22%の供試体と近い値を示した。これは、9%含まれている間隙のほとんどが連続せずに混合物内部に独立して存在しており、熱が伝わりにくいと思われる。

③ 乾燥状態と湿潤状態を比較すると、乾燥状態の温度拡散率の方がやや低い。このことから、雨天時のポーラスアスファルト舗装の温度は、内部の乾湿状態に影響を受けることが推察される。ただし、実際の舗装で、具体的に何度くらいの差になるかについては別の検討が必要であろう。

5. 結言

以上、室内での基礎的な実験を行って、ポーラスアスファルト混合物の伝熱特性を調べた。この結果を踏まえて、道路舗装を通常の舗装から排水性舗装に換えることにより、舗装の温度には相当の影響が出るであろうことが想像できる。都市圏などの夏場のヒートアイランド現象の抑制にポーラスアスファルト舗装がどの程度有効であるかについてはさらに基礎的なデータを収集し、実舗装の温度推定を実施しなければならないが、最近の測定結果では、ポーラスアスファルト舗装を用いた場合に夏場の最高路面温度は数度低くなることが報告されており²⁾、単に、透水機能、低騒音機能だけの観点からではなく、今後このような環境問題などの面からもポーラスアスファルト舗装を見ていくことができるものと思われる。

参考文献

- 1) 姫野賢治ほか、アスファルト舗装の内部温度の推定に関する研究、No. 366/V-4、1986
- 2) 相馬英夫ほか、排水性舗装の温度特性について、第19回日本道路会議一般論文集、1991