## 飽和-不飽和ポーラスアスファルト混合物の熱伝導率評価

福井大学大学院工学研究科	正会員	〇田中 貴子
福井大学大学院工学研究科	正会員	Kabir Md. HUMAYUN
福井大学大学院工学研究科	正会員	藤本 明宏
福井大学大学院工学研究科	正会員	福原 輝幸

## 1. はじめに

ポーラスアスファルト混合物(以下, PASM)は空隙率 が高いため,空隙中の水分量により熱伝導率が変化する と予測される. Kim ら<sup>1)</sup>によれば,飽和状態の PASM の 熱伝導率は,乾燥状態のそれの約 1.5 倍となる.しかし ながらこの中間,すなわち不飽和状態の PASM の熱伝導 率については,依然として不明な点が多い.

そこで本研究では、乾燥状態から PASM 内の水位を上 昇させた時(給水過程)および、その後の飽和状態から水 位を低下させた時(排水過程)の熱伝導率の変化を伝熱実 験から求めたので、ここに紹介する.

# 2. 伝熱理論

本研究は図1に示すように、飽和域の上に低含水あるい は気乾状態の不飽和域が存在するPASMを対象とする. PASMを有する構造体が熱的平衡状態にあれば、不飽和 域、飽和域およびその下に接触する標準板を横切る熱フ ラックスQ<sub>2</sub>(W/m<sup>2</sup>)は等しく、式(1)の関係を満たす.

$$Q_z = -\lambda_{pd} \nabla T_{pd} = -\lambda_{pw} \nabla T_{pw} = -\lambda_{rs} \nabla T_{rs}$$
(1)

ここに、 $\lambda$ : 熱伝導率(W/mK) および $\nabla T$ : 温度勾配(K/m) である. 添字は、p: PASM、d: 不飽和域、w: 飽和域お よびrs: 標準板を意味する.

# 3. 伝熱実験概要および熱伝導率の決定方法

図2は、熱伝導率測定装置の概要を示す.最上部のラ バーヒーター(一定発熱)および最下部の冷却水(約 10℃ 一定)によって、PASM および標準板(石英ガラス)は定 常な温度分布に保たれる.PASM および標準板の温度は、 図2に示す位置に埋設した熱電対で測定した.また本実 験装置は、図2右に示すように給水槽とPASM はパイプ で連結しており、PASM 内の水位を任意に設定すること ができる.

不飽和状態の PASM の代表熱伝導率, すなわち調和平 均熱伝導率 $\overline{\lambda_n}$  (W/mK)の決定方法を以下に述べる.

- 1)  $\nabla T_{rs}$ (実験値)および $\lambda_{rs}$ を式(1)に代入し,  $Q_{z}$ を求める.
- 2)  $Q_z$ ,  $\nabla T_{pd}$  および $\nabla T_{pw}$ (実験値)を式(1)に代入するこ とで,  $\lambda_{pd}$ および $\lambda_{pw}$ をそれぞれ求める.
- 3)  $\lambda_{pd}$ および $\lambda_{pw}$ を式(2)に代入し、 $\overline{\lambda_p}$ を求める.

$$\overline{\lambda}_{p} = \frac{z_{p}}{z_{pd} / \lambda_{pd} + z_{pw} / \lambda_{pw}}$$
(2)

ここに, z: 各層(不飽和および飽和)の厚さ(m)であり, 式(2)中の添字は式(1)のそれと同じである.

実験条件は、給水過程および排水過程ともに *z<sub>pw</sub>*=0, 0.04, 0.06 および 0.10 m の 4 種類、ラバーヒーターの発





熱量を2種類とし、各実験ケースに対して2回実験を繰り返した.なお、 $\lambda_{rs}$ は、1.4 W/mK であった.

### 4. 実験結果

図 3 (a) ~ (d) は給水過程, 図 4 (a) ~ (d) は排水過程にお ける  $z_{pw} = 0$ , 0.04, 0.06 および 0.10 m の PASM および標 準板の鉛直温度分布を示す. 同図上部には,式(1)より求 めた $\lambda_{pd}$ および $\lambda_{pw}$ を記載する.

給水過程における $\lambda_{pd}$ および $\lambda_{pw}$ の平均値は、それぞれ 1.0 W/mK および 1.4 W/mK となり、後者は前者の 1.4 倍 であった.他方、排水過程における $\lambda_{pd}$ および $\lambda_{pw}$ の平均 値は、それぞれ 1.4 W/mK および 1.6 W/mK となり、後者 は前者の 1.1 倍であった.両過程の $\lambda_{pw}$ に大差はないが、 排水過程の $\lambda_{pd}$ (= 1.4 W/mK)は給水過程のそれ(= 1.0 W/mK)の 1.4 倍となった.これは、給水過程の不飽和域 は気乾状態であるのに対して、排水過程では不飽和域に 水分が残存したためと推察される.なお、図3および図 4 に示した給水過程および排水過程におけるラバーヒー ターの発熱量は、それぞれ 540 W/m<sup>2</sup>および 730 W/m<sup>2</sup>で 異なるため、 $\nabla T_{mv}$ は異なる.

図 5 は,  $\overline{\lambda_p}$  と飽和率  $R_w (= z_{pw}/z_p, z_p = z_{pw} + z_{pd})$ の関係 を示す. 図中の白抜きおよび黒抜きのシンボルは, それ ぞれ給水過程 ( $R_w = 0 \rightarrow 1.0$ )および排水過程 ( $R_w = 1.0$  $\rightarrow 0$ )を意味する. 給水過程では,  $\overline{\lambda_p}$  は 1.0 W/mK から 1.5 W/mK に増大するが, 排水過程では $\overline{\lambda_p}$  は 1.4 W/mK



前後で殆ど変わらない.この違いは、図4からも知れる ように排水過程では、 $\lambda_{pd} \ge \lambda_{pw}$ の差が小さく、かつ $\lambda_{pd}$ の  $R_w$ に対する依存性が無視できるためである.

#### 5. おわりに

本論文では、飽和一不飽和のポーラスアスファルト混 合物の熱伝導率を評価した.結果、(1)乾燥状態から飽和 状態になる過程で $\overline{\lambda_p}$ は、1.0 W/mK から 1.5 W/mK に(1.5 倍)増大する、(2)一方、飽和状態から排水しても、 $\overline{\lambda_p}$ は 1.4 W/mK 前後で殆ど変わらない、ことが分かった.

なお本研究は、みち環境技術研究会の平成22年度研究 課題の一部として行われた.

#### 参考文献

 Sung Wook Kim et al. (2009): Evaluation of thermal conductivity of wet drainage pavement, 寒地技術論文・ 報告集, Vol. 25, pp. 304-306.