

不飽和土の熱拡散率測定と伝熱に関する一考察

鹿児島大学大学院 学生員 宮本裕二

鹿児島大学工学部 正会員 北村良介

1.はじめに；地盤は季節的、日周期的に温度を変化させている。その中で土の温度と熱移動は、土質力学の諸問題に関わってくる。例えば、しらす斜面の表層すべり型崩壊には、温度が大きく関わっているものと考えられる。しかし、不飽和土の間隙流体の相変化を考慮した固相、液相、気相の三相混合体の統一的な解析方法は確立されていない。また一般に、地盤の伝熱は、主に熱伝導、対流熱伝達と考えられる。その中でも日射などの伝熱は、熱伝導によるものがほとんどである。

そこで、本報告では土の伝熱現象に必要な熱拡散率を求めるための簡単な温度測定法の提案を行う。そして測定結果から熱拡散率を算定し、土の伝熱に関する若干の考察を行う。

2.熱拡散率測定の概要；熱伝導率を測定する方法には、ヒートプローブ法¹⁾などがある。しかし、現在、研究レベルにおいてヒートプローブを持っている研究室は多くないはずである。そこで、本報告ではヒートプローブを使わず、簡便な温度測定により熱拡散率・熱伝導率の算定を行う。本計測装置の概要を図1に示す。計測器具は加熱器、温度計、湿度計、データロガー等からなる。計測に用いたのは鹿児島県日置郡伊集院町で採取したしらすである。採取地点では、温度、サクション、雨量の現地計測を行っている²⁾。表1に計測に用いたしらすの室内試験による諸物性値を示す。

表1 採取試料の諸物性値

試料	しらす
土粒子の密度	2.401[g/cm ³]
間隙比	1.287
含水比	18.90[%]
飽和透水係数	1.17*10 ⁻⁴ [cm/sec.]

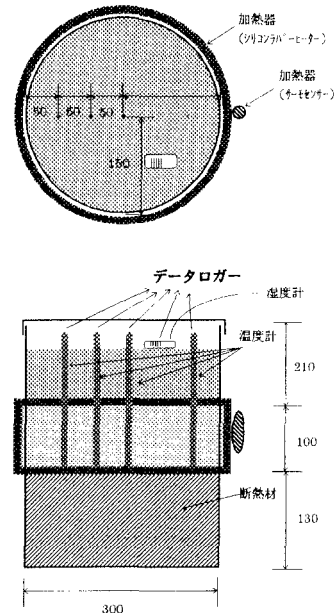


図1 計測装置の概要

3.熱拡散率の算定；熱伝導問題の支配方程式を差分近似式(前進差分)で表す³⁾ ことにより、熱拡散率 α は次式で示すことができる。

$$\frac{T_{i,j+1} - T_{i,j}}{\Delta t} = \alpha \frac{T_{i-1,j} - 2T_{i,j} + T_{i+1,j}}{\Delta x^2} \quad \dots (1)$$

ここに、 $T_{i,j}$ ；空間 i 、時間 j における温度

Δx ；空間、 Δt ；時間。

$T_{i,j}$ に本計測による温度の測定値、 Δx に温度計の間隔 50[mm]、 Δt に測定時間間隔 10[min.]を式(1)に適用すると未知数である熱拡散率 α を求めることができる。

計測結果および算定結果を図2(a)～図3(c)、表2に示す。

表2 測定後の土の諸物性値

	case1	case2
間隙比	1.287	1.001
含水比 [%]	9.604	0.729
飽和度 [%]	12.72	1.746
熱拡散率 [m ² /h]	0.0010	0.0013
土粒子の熱伝導率 [W/m·K]	0.2592	0.2022

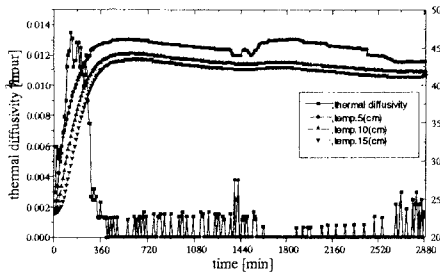


図-2(a) 計測時間と熱拡散率、温度の関係(case1)

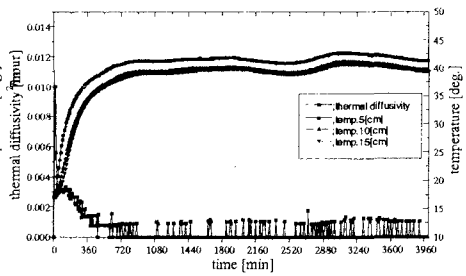


図-3(a) 計測時間と熱拡散率、温度の関係(case2)

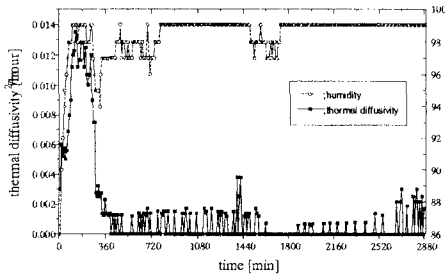


図-2(b) 計測時間と熱拡散率、湿度の関係(case1)

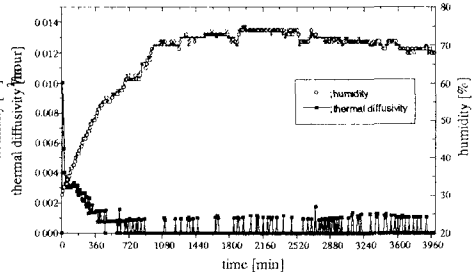


図-3(b) 計測時間と熱拡散率、湿度の関係(case2)

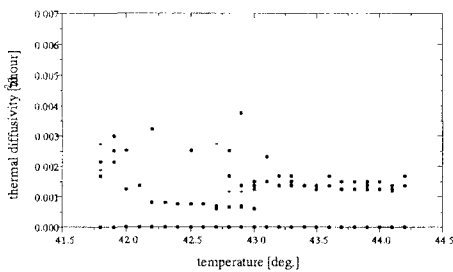


図-2(c) 温度と熱拡散率の関係(case1)

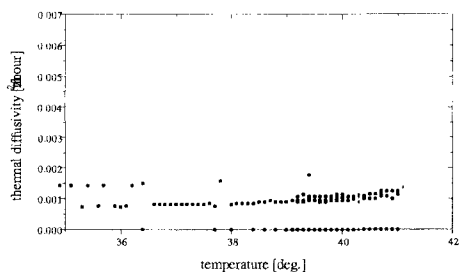


図-3(c) 温度と熱拡散率の関係(case2)

4. 考察・まとめ；図-2(a),(b)および図-3(a),(b)において、計測開始時の熱拡散率が大きい値を示すのは、熱の供給による間隙流体の相変化（蒸発）に伴う対流熱伝達の影響である。よって、湿度の安定した状態での温度測定結果から熱拡散率の算定を行う必要がある。また、温度が高いほど熱拡散率が大きくなることから知られているが本報告でも図-2(c)、図-3(c)から分かるように同様の傾向がみられた。また熱拡散率は土の状態（含水比、間隙比など）でも変化するので、土粒子の熱伝導率を算定³⁾した（表2）。

本報告では土の伝熱現象に関わる熱拡散率の算定を行った。今後は得られた結果を地盤の伝熱挙動のモデル化⁴⁾に用いることにより、温度変化する自然環境下での土の力学特性の解明と斜面安定解析への適用を検討していきたい。

謝辞；本研究に対し、ウエスコ土木技術振興基金より助成をいただいた。ここに謝意を表します。

参考文献；1）粕沢辰昭；地盤の熱的問題，3. 土の熱的性質，土と基礎 37-6(377)，pp.107-111，1989. 6。
2）宮本，北村ら；不飽和地盤における伝熱・浸透挙動の現地計測，土木学会第51回年次学術講演会概要集第3部 pp.554-555，1996. 9。3）北村，宮本；不飽和土の熱伝達に関する一考察，第31回土質工学研究発表会，pp.1357-1358，1996. 7。4）北村，宮本；不飽和・飽和地盤における伝熱・浸透挙動のモデル化に関する一考察，降雨と地震から危険斜面を守る地盤工学に関するシンポジウム（投稿中），1997。