

鹿児島県出水市針原地区における伝熱・浸透挙動に関する一考察

鹿児島大学大学院（鹿児島県土木部）学生員 宮本 裕二
鹿児島大学工学部 正会員 北村 良介
鹿児島大学大学院 学生員 清水 遊 坂元 竜太

1. はじめに

平成9年7月10日深夜、鹿児島県北部に位置する出水市針原川で大規模な土石流災害が発生し、死者21名、負傷者13名、住宅・農地被害をもたらした。この土石流災害は針原川上流部の北側（右岸側）山腹の大規模な斜面崩壊に起因している。崩壊土砂が土石流となり下流の針原地区を襲った。針原川流域の地質は安山岩類で構成され、基盤である輝石安山岩の風化を受けていない部分は非常に硬質であるが、風化が進むと「玉ねぎ状風化」と呼ばれる割れ目に囲まれた部分の表面が同心円上に薄くはがれる状態となる。一方、鹿児島県本土を含む南九州には、火砕流堆積物の非溶結部であるしらすを含む地盤が広く分布している。鹿児島のように日射の強い地域では、地盤工学の諸問題を取り扱う場合、地盤の熱的性質を考慮する必要がある¹⁾。したがって、不飽和土の力学特性を明らかにし、しらす地盤でしばしば発生する斜面崩壊、土石流の発生機構を解明するには不飽和土中の伝熱・浸透挙動の定量的評価が必要である。北村らはしらす地盤を中心に伝熱・浸透挙動についての現地計測²⁾および現地計測結果に適用できる不飽和・飽和地盤に関する数値力学モデルの提案³⁾を試み、それらを用いた数値実験を行っている。本論文では、出水市針原地区に現地計測システムを設置し、測定した降雨、サクシオン、温度データを用いて、提案したモデルによる伝熱・浸透挙動の数値実験を行い若干の考察を加えた。

2. 現地計測

計測地点は鹿児島県出水市針原地区の崩壊地の復旧工（アンカー付き法枠工）下側平坦部であり、温度計、テンシオメータ、雨量計、自動計測のためのデータロガーからなる現地計測システムを設置した。図-1に現地計測システムの概略図を示す。自動計測したデータは携帯電話を用いて研究室から回収した。

3. 計測結果

平成11年10月1日から10日までの計測結果を図-2に示す。晴天時の温度は表層に近い浅い位置で大きく変動し、温度の深さ方向の日周期的変化に時間のずれがみられる。これより晴天時の温度変化の主な要因が熱伝導であることと推測できる。また雨天時においては、2日の降雨により間隙水圧が低下し、地盤に雨水の浸透が生じていることが分かる。この時の温度は深さ方向によらずほぼ一定値となり、間隙水の流入が地盤の温度変化に影響していることが分かる。降雨後、サクシオンは徐々に回復していく様子が計測結果よりわかる。

4. 数値実験

土は土粒子（固相）、水（液相）、空気（気相）により構成されるため、温度、含水比、間隙比等の地盤状態の変動に伴い熱伝導率も変化する。よって、北村らは室内試験⁴⁾および土の熱伝導のモデル化⁵⁾により土の熱伝導率を提案している。

北村らは、土の浸透特性を土粒子レベルから検討するために間隙モデル⁶⁾を提案している。間隙モデルは、図-3(a)に示すような土粒子数個を含むような地盤内の一要素を図-3(b)に示す管径D、傾きθの円管（間隙流

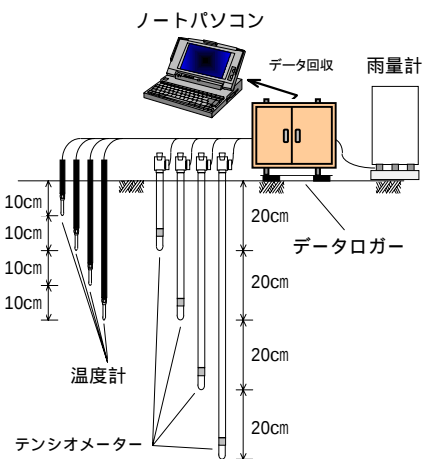


図-1 現地計測システム

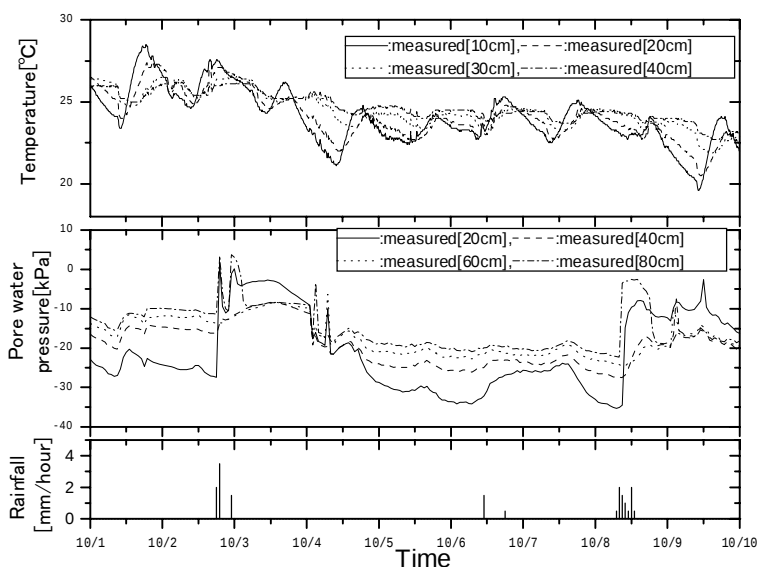


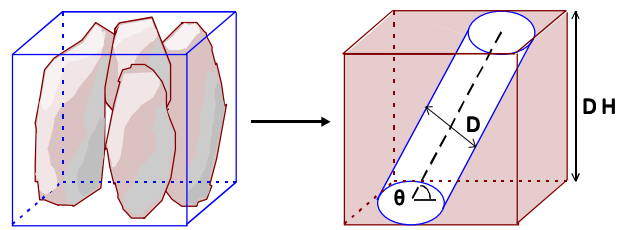
図-2 現地計測結果

キーワード；不飽和土，浸透，伝熱，現地計測，数値実験

連絡先；鹿児島市郡元 1-21-40, Tel.099-285-8473, Fax. 099-258-1738

体が移動する部分)とそれ以外(間隙流体が移動できない部分)に分けた素体積と呼ばれる要素に置き換えたものである。管径 D 、傾き θ を確率変数とし、若干の確率論的考察を加えることにより間隙比 e と水分保持特性の指標である体積含水率 W_v 、 pF 値、不飽和・飽和透水係数 k_w を求めている。

数値実験では鉛直1次元地盤を想定した伝熱・浸透挙動のモデル化²⁾を行った。境界条件は上面以外非排水、全面断熱とした。表層排水を $10^{-3}\text{cm}^3/\text{sec}$.初期条件として測定した各層の温度、20cmの圧力水頭を入力する。その後、雨量および温度の測定データ(10cm)を用いて数値実験を行った。間隙モデルの入力値を表-1、想定した地盤の入力値を表-2、想定した地盤の入力値および模式図を図-4に示す。



(a) 土粒子数個の土塊 (b) 間隙のモデル化
図-3 間隙モデル

	入力値	
	透水係数	サクション
$\lambda 1$	$10^{-2.52298}$	$10^{-3.52298}$
$\zeta 1$	$10^{1.38352}$	$10^{1.38352}$
DH	5.0×10^{-5}	1.0×10^{-5}
ζc	0.159	0.159

想定した地盤の入力値	
層数	30
層面積	100 [cm^2]
層厚	10 [cm]
土粒子密度	2.401 [g/cm^3]
土粒子の比熱	0.8 [$\text{J}/(\text{g} \cdot \text{K})$]
土粒子の熱伝導率	3.0 [$\text{J}/(\text{m} \cdot \text{K})$]

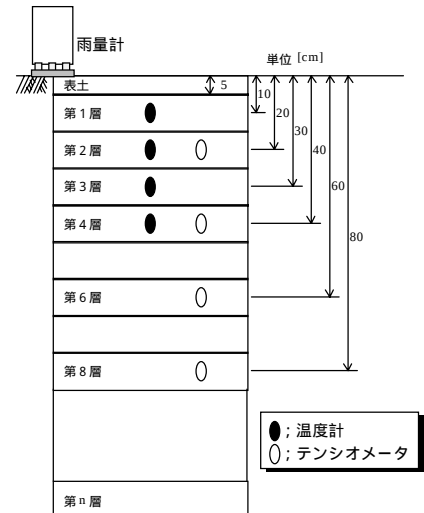


図-4 モデル化した地盤の模式図

5. 考察

図-2に対応した数値実験結果を図-5に示す。数値実験結果は温度の日周期的な変動をよく表しており、現地計測結果と近い値となっている。間隙水圧の変化に関して雨水の浸透によるサクションの現象を表している。本モデルでは地表土以下、層厚10cmの30層からなる1次元鉛直モデルとしたが、飽和している領域が27層以深であり、この時期の計測地点の地下水位が深さ2.7mであることが推測される。

6. あとがき

本報告では鹿児島県出水市針原地区での地盤の伝熱、浸透挙動の現地計測と現地に適用できる不飽和土の伝熱挙動のモデル化、数値実験を行った。今後現地計測のデータを蓄積し、伝熱、浸透挙動の定性的、定量的評価を行い、また不飽和地盤の熱環境問題を考慮した浸透挙動を検討していきたい。

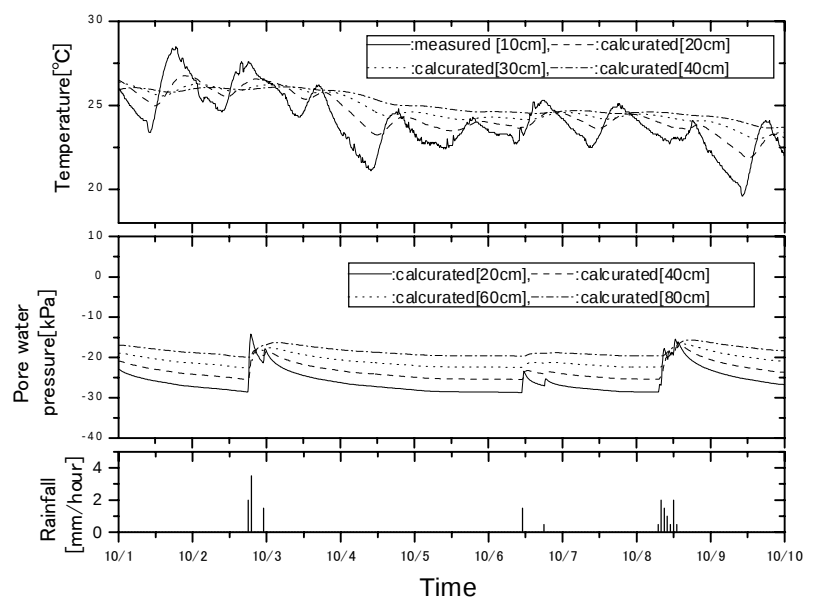


図-5 数値実験結果

参考文献

- 1) 北村良介, 宮本裕二; 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.
- 2) 宮本裕二, 北村良介, 井料達生, 佐藤公洋; しらす地盤における伝熱, 浸透挙動の現地計測とその一考察, 第15回日本自然災害学会学術講演会講演概要集, pp.43-44, 1996.11.
- 3) 不飽和しらす地盤への間隙モデルの適用, 応用力学論文集 Vol.2, pp.593-598, 1999.8.
- 4) 宮本裕二, 北村良介; 不飽和土の熱拡散率測定と伝熱に関する一考察, 平成8年度土木学会西部支部研究発表会, 1997.3.
- 5) 宮本裕二, 北村良介; 不飽和土の熱伝導率に関する一考察, 平成7年度土木学会西部支部研究発表会, pp.604-605, 1996.3.