

不飽和土の浸透・蒸発挙動の温度依存性について

鹿児島県出水土木事務所 正会員 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 佐藤 公洋

1. まえがき

鹿児島県本土に広く分布しているしらす斜面では、勾配が 60～70 度のような急斜面でも晴天時には安定を保っている。このような斜面では、降雨時の雨水の浸透、強度低下（物理的風化）が生じ、降雨時に表層すべり型の斜面崩壊が発生する。

本報告では、このようなしらす斜面での雨水の浸透・蒸発を定量的に評価するため、温度を考慮した不飽和土の浸透・蒸発挙動のモデル化、モデルを用いた数値解析、現地計測¹⁾、室内土層実験結果との比較・検討を行っている。

2. 水分保持特性と温度の関係

北村らは、土質力学を土粒子レベルから検討するために間隙モデル²⁾を提案している。間隙モデルは、図-1(a),(b)のように表示され、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体積含水率 W_v と pF 、透水係数 k_w （水分保持特性）を次式により求めることができる。

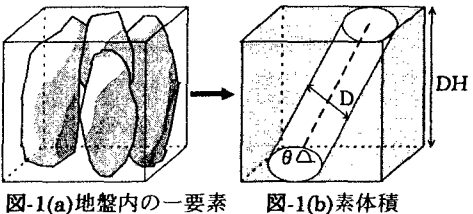


表-1 間隙モデルの入力値

試料	しらす
素体積高さ	2.000×10^{-3} [cm]
管径の平均	1.200×10^{-3} [cm]
管径の標準偏差	8.000×10^{-4} [cm]
管傾 θ pdf の最低高さ	1.590×10^{-1}
土粒子と水の接点角 α	0.00 [°]

$$W_v = \frac{V_{pore}}{V_c} = \frac{\int_0^D \int_{-\pi/2}^{\pi/2} V_p \cdot P_d(D) \cdot P_c(\theta) \cdot d\theta dD}{\int_0^D \int_{-\pi/2}^{\pi/2} V_c \cdot P_d(D) \cdot P_c(\theta) \cdot d\theta dD} \quad (1)$$

$$pF = \log_{10}(h_c) = \log_{10} \left(\frac{4 \cdot T_s \cdot \cos \alpha}{\gamma_w \cdot d} \right) \quad (2)$$

$$k_w = \int_0^D \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \frac{\gamma_w \cdot D^3 \cdot \pi \cdot \sin \theta}{128 \mu_w \cdot \left(\frac{D}{\sin \theta} + \frac{DH}{\tan \theta} \right)} \cdot P_d(D) \cdot P_c(\theta) d\theta dD \quad (3)$$

ここに、 V_p ；円管の体積、 V_c ；素体積の体積、
 $P_d(D)$ ；管径 D の確率密度関数、
 $P_c(\theta)$ ；傾き θ の確率密度関数、
 T_s ；水の表面張力、 α ；管と水の接触角、
 γ_w ；水の単位体積重量、
 d ；間隙水を保持する最大管径、
 μ_w ；水の粘性係数

式(2),(3)には温度に依存して変化する水の表面張力、粘性係数、単位体積重量が含まれている。ここでは、土の温度を 10,20,30,40[℃]として数値実験を行った。入力値を表-1、数値実験結果を図-2 に示す。図-2 より温度が高いほど pF 値が若干ではあるが小さくなり、透水係数は大きくなる傾向を示している。

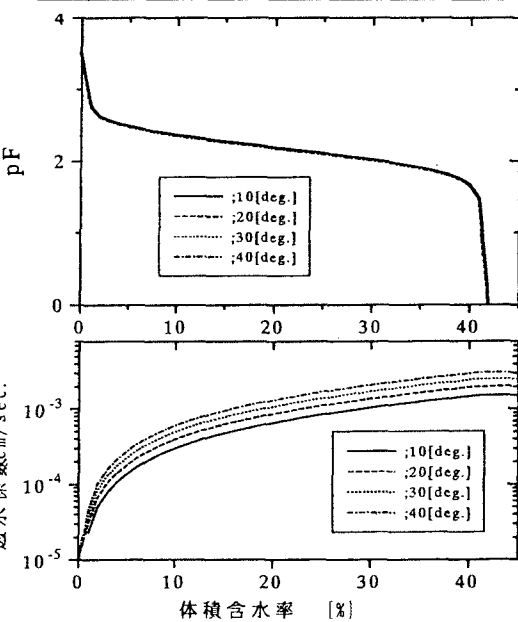


図-2 数値実験結果

3. 現地計測

北村らは、地盤表層部の雨水浸透を定量的に評価するため、サクシオン、温度および雨量の現地計測を行っている。図-3では、鹿児島県日置郡伊集院町の地山しらす切土平坦部での計測結果を示している。図より、土中温度は地表面に近いほど日周期的に大きく変動し、深さにより周期の位相ずれが生じていることがわかる。圧力水頭は、雨水の浸透によりサクシオンが減少すると正の方向に大きくなり、晴天時にサクシオンが徐々に回復していることがわかる。また晴天時の深さ 20[cm]における圧力水頭の変化の周期は、温度変化の周期と対応している。

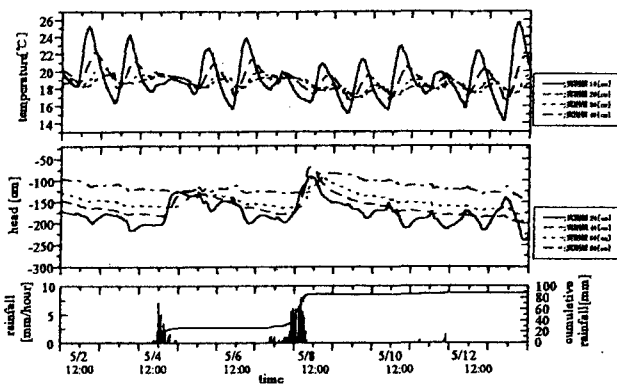


図-3 計測結果(伊集院町(1996年))

4. 室内試験

テンシオメーターの温度影響を検討するためにセンサー部の温度を制御する簡単な室内試験を行った。測定装置の概略を図-4に示す。ポラスキャップの代わりに圧力を大気圧に開放もしくは閉鎖できる弁を取り付け、圧力測定部には温度制御装置を取り付けた。本報告では、圧力制御の弁を開放(case1)と閉鎖(case2)の2通りを行った。実験結果を図-5,6に示す。

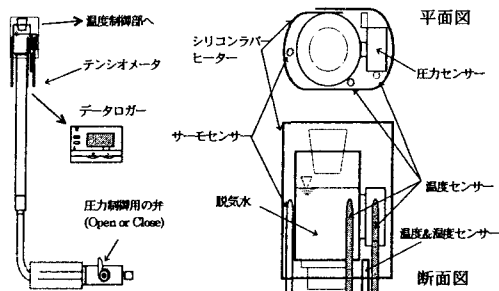


図-4 測定装置の概略

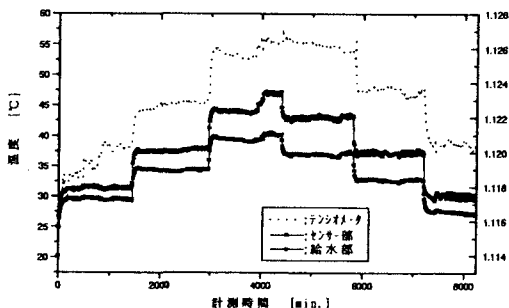


図-5 計測時間とセンサー部、給水部の温度と電圧部(測定部)の関係 (case1)

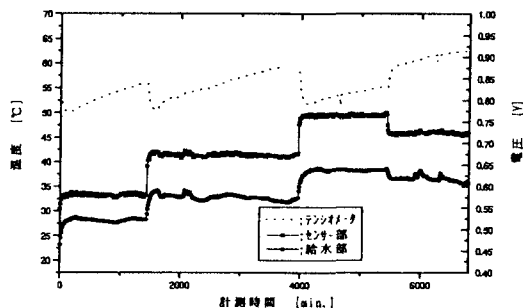


図-5 計測時間とセンサー部、給水部の温度と電圧部(測定部)の関係 (case2)

case1 では大気圧に開放されているため、温度制御を行っている容器内の空気が膨張して圧力が大きくなっても水頭が変化するので、実験結果の電圧変動は空気の膨張による影響はなく、温度変化によるセンサー部の影響であると考えられる。case2 では圧力制御の弁を閉鎖して行うため、容器内の空気に膨張などもセンサーにより計測される。通常のポラスキャップの透水係数は 9.47×10^{-7} [cm/sec.], A.E.V は約 2.7 [kgf/cm²]であるため、現地計測は case1 と case2 の間のような状態にあると考えられる。

5. あとがき

本報告では、地盤表層部の温度変化を考慮した水分保持特性の検討およびサクシオン計測における温度の影響について若干の考察を行った。今後、本報告での成果を地盤表層部の雨水浸透・伝熱挙動モデルの開発や現地計測の精度向上へ活用していきたい。

本研究は、科研費(基礎(B), 代表: 北村)の援助を受けた。ここに、謝意を表します。

(参考文献) 1)宮本ら; 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概要集, pp43-44, 1996. 2)福原, 北村; 間隙モデルに関する一考察, 土木学会第49回年次学術講演会講演概要集第3部, pp206-207, 1994.