

II-88 鉛直不飽和浸透による地下水涵養のモデル化

建設省土木研究所 正員 〇盛谷明弘  
 東京大学工学部 正員 高橋 裕  
 東京都立大学工学部 正員 安藤義久

1. はじめに

降雨による地下水涵養には、地表面と地下水面間の不飽和領域での土中水の移動が重要な役割を果しており、関係する研究も多い。しかし、土中の物理量の変化と地下水の涵養量あるいは地下水面の上昇について合わせて扱った研究は少ない。そこで、本研究では鉛直不飽和浸透による地下水涵養をモデル化し、室内実験の結果を用いてその検証を行った。

2. 実験の概要

室内実験は、豊浦標準砂で作成した高さ1mの砂柱に散水し、砂柱下端に水面を固定して水面に流入するフラックスを求める場合と、砂柱内より排水させずに水面の上昇を測定する場合の2通りについて行った。測定項目は砂柱からの排水量あるいは水面の位置と砂柱内の吸引圧である<sup>1)2)</sup>。

3. モデルの概要

モデルの基本式には、鉛直1次元のRichards<sup>3)</sup>の式(1)を用いる。

$$\frac{\partial \psi}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left\{ K \left( \frac{\partial \psi}{\partial z} + 1 \right) \right\} \quad (1)$$

$$\frac{\psi}{\psi_s} = \left( \frac{\theta - \theta_{min}}{\theta_{sat} - \theta_{min}} \right)^{-b} \quad (2)$$

$\psi$ - $\theta$ 関係についてはヒステリシスを考慮することとし、吸

水過程及び排水過程について吸引法及び土柱法を用いて実測した。その結果をBrooks and Corey<sup>4)</sup>の式(2)にあてはめたのが図1である。式中の定数の値は表1のようになった。

次に、ループ内のscanning curveを吸引法を用いて実測した。その結果は図2(a)(b)のようになり、図中に実線で示した

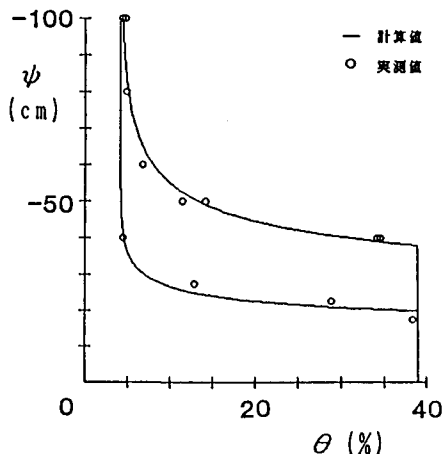
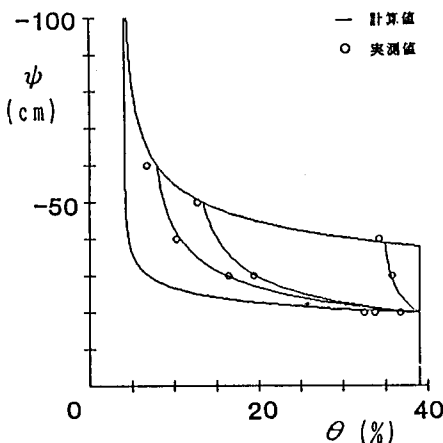


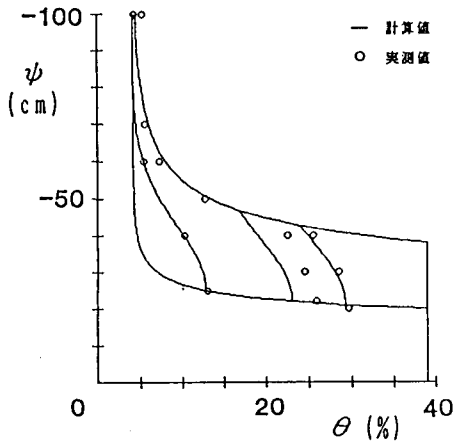
図1  $\psi$ - $\theta$ 関係(メインループ)

表1 式(1)の定数の値

|      | $\theta_{sat}$ | $\theta_{min}$ | $\psi_s$ | $b$    |
|------|----------------|----------------|----------|--------|
| 吸水過程 | 39.0           | 4.1            | -19.9    | 0.1642 |
| 排水過程 |                |                | -38.0    | 0.2083 |



(a) 排水→吸水



(b) 吸水→排水

図2  $\psi$ - $\theta$ 関係(scanning curve)

実験式を用いて定式化した。

不飽和透水係数Kはヒステリシスの影響の少ないK- $\theta$ 関係より求めた。K- $\theta$ 関係には Brooks and Corey<sup>4)</sup>の式(3)を用いた。

$$\frac{K}{K_{sat}} = \left( \frac{\theta - \theta_{min}}{\theta_{sat} - \theta_{min}} \right)^\epsilon \quad (3)$$

ただし、 $\epsilon$ の値はCampbell<sup>5)</sup>にならって $2b+2+p$ とした。bには吸水過程の値を用い、補正係数pはシミュレーションの結果が実測値と合うように0.5とした。

式(1)の差分化には陰解法を用いた。  $\Delta z = 2\text{cm}$ ,

$\Delta t = 0.02\text{min}$ とした。

初期条件は、排水条件・非排水条件ともに水面は砂柱下端で砂柱内の動水勾配は0とした。砂柱上端には散水強度のフラックスを与えた。砂柱下端は排水条件では $\psi = 0$ とし、非排水条件では $\psi$ が静水圧分布するとした。排水条件での排水量の計算には水収支を用い、非排水条件での水面の位置は $\psi = 0$ の点とした。

#### 4. 実験結果との比較

図3は砂柱からの排水強度の、図4は砂柱内の水面の位置のそれぞれ実測値とモデルによる計算値とを比較した図である。両者は良く一致している。また砂柱内の $\psi$ 分布の実測値と計算値とを比較すると図5・6のようになり、散水中・散水後ともに再現性は良好である。

#### 5. 結論

本研究では鉛直不飽和浸透による地下水涵養のモデル化を行い、散水実験の排水量及び水面の上昇と $\psi$ 分布の再現性が良好であることを示した。

#### 文献

- 1) 浦上・高橋・安藤：第40回年講, 1985.
- 2) 盛谷・高橋・安藤：第40回年講, 1985.
- 3) Richards : Physics, 1931.
- 4) Brooks and Corey : Proc. ASCE, IR2, 1966.
- 5) Campbell : Soil Science, 1972.

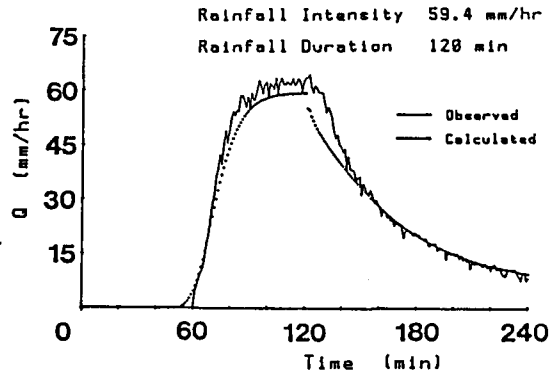


図3 排水強度の比較

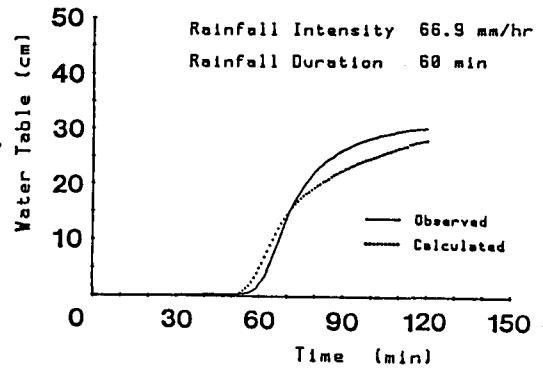


図4 水面の位置の比較

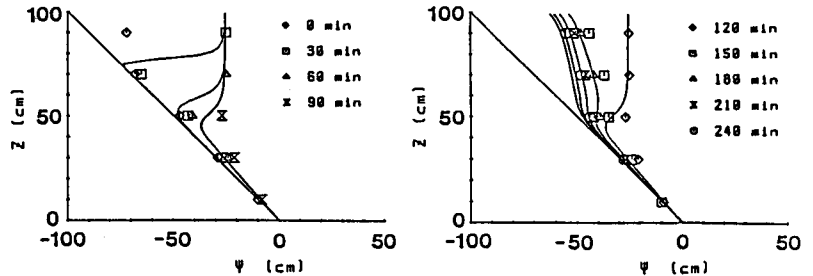


図5  $\psi$ 分布の比較（水面固定）

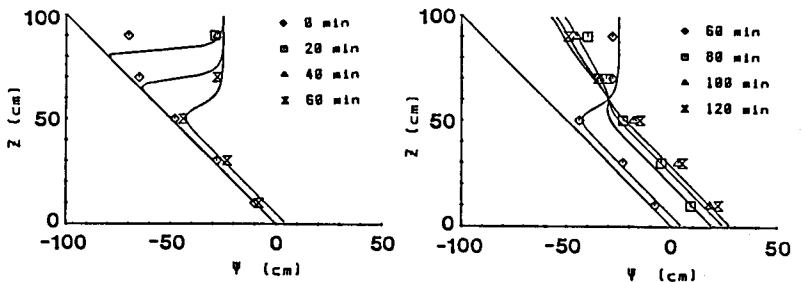


図6  $\psi$ 分布の比較（水面上昇）