新テンシオメータ法による水分特性曲線の測定

福井大学大学院工学研究科 学生会員 〇寺崎 寛章 福井大学大学院工学研究科 学生会員 藤田 剛志 福井大学大学院工学研究科 正会員 福原 輝幸

### 1. はじめに

不飽和土壤中の水分移動を正確に評価するために は、土壌の保水性を規定する水分特性曲線の精度が 重要となる.従来、水分特性曲線の測定には土柱法、 吸水法および遠心法などが使用されているが、いず れの方法も多大なコストおよび労力を要する.

筆者らは、テンシオメータの値と土壌容器(以下、 カラム)の重量のみから水分特性曲線を求めるテン シオメータ法に着目した.従来のテンシオメータ法 (旧法)<sup>1)</sup>に関して、

- テンシオメータを挿入するカラムが大きいこと から, 圧力水頭φを反映したテンシオメータ周辺 土壌の体積含水率θ, とカラム内の平均体積含水 率θmとの間に差が生じ易く, θ, が水分平衡状態 のθmになるまで長時間を要する,
- 非定常蒸発下により実験が行われたため、φの 温度依存性を考慮しなければならない、

などの問題点を筆者らは懸念した.

そこで本研究では、旧法を改良した新たな水分特 性曲線( $\phi - \theta$  曲線)の測定方法(新テンシオメータ法, 新法)を提案し,

- 新法と旧法による φ の時間的挙動の違いを把握 する,
- 2) 土柱法との比較結果から,新法の測定精度の有効 性を確認する,

# 2. 新テンシオメータ法

新テンシオメータ法は、(1)カラム高さを旧法の 3cmから1cmに薄くすることで、θ<sub>t</sub>とθ<sub>m</sub>の差をでき る限り小さくした、(2)蒸発をカラム下面から上面に 変えることで、実験装置および手順を簡易化した、 ことに旧法との違いがある.

# 3. 実験概要

実験は,恒温恒湿室内(温度 20℃,湿度 35%)で, 以下の手順で行われた(図-1参照).

- アクリル底板に接着した塩ビ製カラム(厚さ 1cm, 内径 7.5cm)の側面からテンシオメータ(サンケ イ理化 製)を挿入する.
- 充填密度 1550kg/m<sup>3</sup> で豊浦標準砂をカラム内に 均一に充填し、下方から純水を供給し、毛管飽和 させる(初期状態).
- 装置全体の重量を最小読み 0.01g の重量計 (Mettler Toredo 製)を用いて測定する.
- カラム上面を大気に開放し、目標の体積含水率θ になるまで自然蒸発させる.
- 上面をラップし、カラム内の土壌水分を平衡状態 (水分平衡状態)にさせる.
- 装置全体の重量測定によりθを, テンシオメータ によりφを, それぞれ測定する.

このように 4)~6)の手順を繰り返すことで, 乾燥 主曲線が求まる.



キーワード: テンシオメータ法,水分特性曲線,乾燥主曲線,豊浦標準砂

連絡先:〒910-8507 福井市文京 3-9-1 福井大学工学部建築建設工学科 環境熱・水理研究室 TEL 0776-27-8595

# 4. 実験結果

#### 4.1 新法と旧法の比較

図-2は、新法および旧法による乾燥過程における  $\phi$ の経時変化 $\phi$ (*t*)の一例を示す. $\phi$ (*t*)は、以下の(1) ~(3)の変化過程をとる.(1)カラム表面の乾燥に伴 い $\theta_t$ が一時的に減少するため、 $\phi$ は急上昇し、最大 値( $\phi_{max}$ )をとる(乾燥期間、 $p_1$ ).(2)蒸発の停止後、 カラム内の水分を一様にさせるような下方からの上 向き水分移動により、 $\theta_t$ は上昇し、 $\phi$ は低下する(遷 移期間、 $p_2$ ).(3)その後、水分平衡状態が進行し、  $\theta_t = \theta_m と$ なり、 $\phi$ は一定値になる(平衡期間, $p_3$ ).

乾燥期間において,新法の $\phi_{max}$ は旧法のそれより 大きくなる.これは両方法の蒸発量が概ね同じであ るのに対して,カラム体積は旧法のほうが新法より も大きいために, $\theta_i$ は新法よりも旧法で大きくなり, 上述の $\phi_{max}$ に違いが生じたと推察される.次の遷移 期間においても,カラム体積の違いにより,旧法の  $p_2(p_{2-old})$ は新法のそれ( $p_{2-new}$ )よりも長くなる.

そこで図-3は、新法および旧法における遷移期間 を定量評価した比較結果を示す. 同図より、 $p_{2-new}$ は  $p_{2-old}$ の0.48となった.これより、新法は旧法に比べて、 乾燥過程の $\phi - \theta$ 曲線の測定時間を約1/2に短縮でき ると予想される.

# 4.2 水分特性曲線

図-4は、新法および土柱法による水分特性曲線の測 定結果を示す.両方法による測定結果は、高含水域か ら低含水域に亘り良好に一致している.なお、本実験 により得られた結果は、同図の実線で示すように、以 下のVan Genuchtenの式により表される.

$$\theta = 0.02 + \frac{0.4 - 0.02}{\left(1 + \left|0.022 \cdot \psi\right|^{8.68}\right)^{0.89}}$$
(1)

#### 5. おわりに

本研究より,新テンシオメータ法は旧法に比べ約 1/2の時間で豊浦標準砂の乾燥過程における水分特性 曲線を求めることができること,および測定精度は 土柱法と同程度であることが分かった.

今後は、湿潤過程および他試料に対する新テンシ オメータ法の適用性を検討する.

### 参考文献

 藤巻晴行,井上光弘,山本太平,富樫敬:定常蒸 発下の水分分布による低圧力水頭領域の不飽和



透水係数の測定, 農業土木学会論文集, No. 201, pp. 1-12, 1999.