

蒸発法による ADR の校正と水分特性の計測

東洋大学 学生会員 ○上田 典孝
 東洋大学大学院 学生会員 本間 雄介
 東洋大学 正会員 石田 哲朗

1. はじめに

不飽和土の水分特性曲線を求める方法としては、砂柱法、加圧法、マルチステップ法、蒸発法ならびに瞬時水分計測法などいくつかの手法が挙げられる。当研究室では蒸発・浸潤現象を利用した土中の不飽和浸透特性を計測する試験方法についても検討している¹⁾。これは降雨状態を擬似的に室内で再現した供試体への給水と、浸潤した試料を乾燥させる排水過程の間でテンシオメータと ADR の値から圧力水頭と体積含水率を得るもので、同時に質量変化も計測して体積含水率の値を把握できる装置だが、計測する供試体が大きいためか ADR の出力値を変換した結果と質量計から得た体積含水率が常に近似した値を示さない。本報では、ADR の校正曲線の精度を向上させるためと不飽和土中の水分特性を検証することを目的とした小さな供試体を利用した蒸発法について述べる。

2. 試験装置と方法

試験装置は、スチール製モールドを利用した。このスチール製モールドに試料を敷き詰め、試料への給水と浸潤した試料を乾燥させる排水過程で小型テンシオメータと ADR の出力値から圧力水頭と体積含水率を取得する。またテンシオメータの挿入高さは 2 cm, 3 cm とした。試験中には、質量計を利用し、質量の変化を計測しモールド全体の体積含水率を把握する。その概略図を図-1 に示した。試験方法は、計測に用いる各試料を所定の密度(ここでは、珪砂; 1.55 t/cm³)でスチール製モールドに敷き詰め、図-1 に示した各測定器の設置を行う。浸潤(給水)過程では、マリオットサイフォンを利用し、スチール製モールドの下部から水を浸透させていく。この時の各測定器の計測間隔は 60 分間とした。排水過程では、マリオットサイフォンを取り外し、ビームライトを照射して試料内の水分を蒸発(排水)させる。排水過程での計測間隔は、浸潤時と同様に 60 分間とした。また、質量計で浸潤・排水時の質量の変

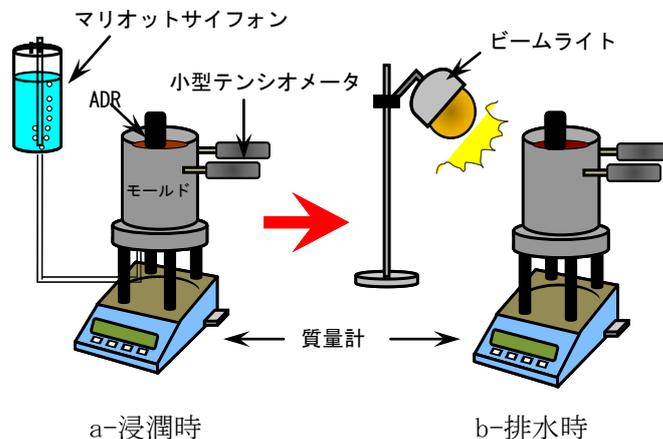


図-1 試験装置の概略図

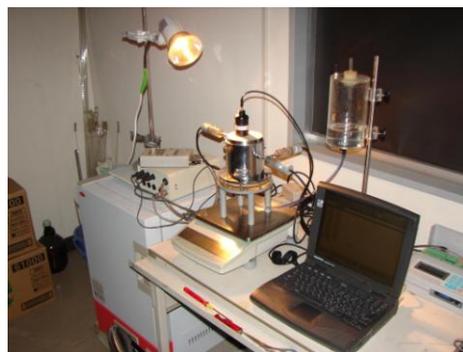


写真-1 蒸発法・排水過程

化量を各計測と同時に計測し、浸潤・排水時それぞれの体積含水率を得る。試験終了後、逆解析プログラムにより不飽和浸透特性を算出する。

3. 試験結果とその結果

本報では、測定試料として珪砂を使用し、蒸発法の結果から水分特性曲線を算出すると同時に、ADR の校正曲線を作成した。図-2 には質量計から得た体積含水率と ADR の出力電圧との関係を示し、別に ADR の校正試験を行った無機土壌の関数モデルとの比較を示した。測定された出力電圧と土中の水分量の関連はその土の特性によって異なることが普通で、特に有機質を

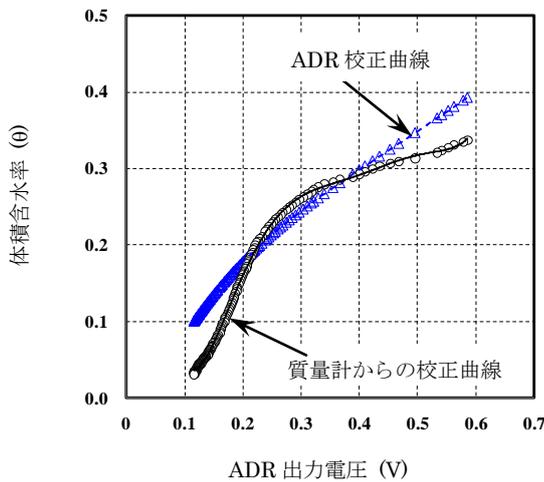


図-2 ADR の校正曲線

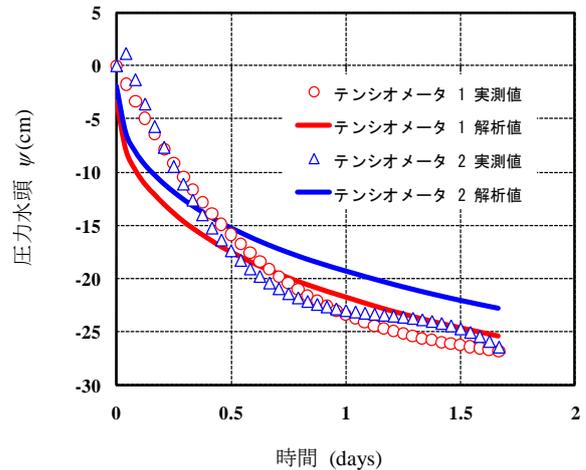


図-4 圧力水頭の経時変化 (珪砂)

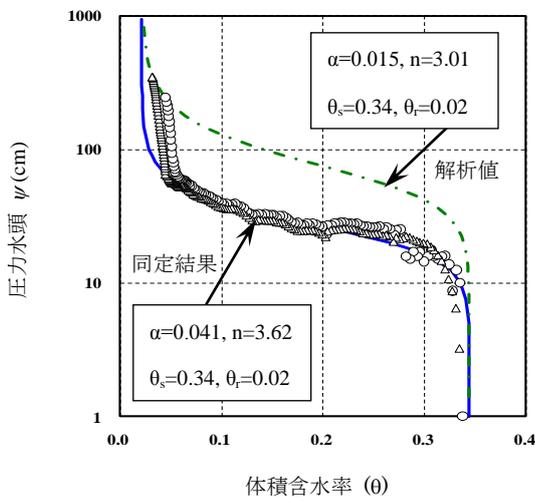


図-3 同定結果と逆解析結果の比較 (珪砂)

多く含む土質材料では推定された体積含水率が実際の体積含水率よりも過小に評価してしまうと考えられている。そこで、ADR から出力された電圧を体積含水率に変換するときの誤差を極力小さくするためにも各試料を計測するにあたって、校正が不可欠となる。ここでの実験では一般的に安定した結果を得られるとされている無機質土壌である珪砂を使用した。図-2を見ると、飽和度 8%程度付近で体積含水率 0.1 弱の差異が生じているが、飽和度 30%~40%付近では誤差が無くなり二つの曲線が一致するという傾向が見られた。また、飽和度 40%~70%の間では多少の差異は見られるが、ほぼ近似していると言える。しかし、飽和度 70%以降は体積含水率の誤差が増加し、最終的に飽和度 84%付近では再び 0.1%弱の体積含水率の誤差が生じた。ここでの実験では飽和度 100%まで試料に対する給水を行えなかったが、図-2 が示すように飽和した際には体積含水

率の誤差はさらに増加すると推測されるので、精度向上のためにより正確な校正が不可欠だと考えている。

図-3 には蒸発法から得られた水分特性曲線と逆解析プログラムから得た結果を比較したものを示した。実線はテンシオメータ 1, 2 (○, △) の測定データを一つの曲線とみなし同定した結果になっており、波線には逆解析プログラムで得た水分特性曲線を示した。図-3 を見ると、体積含水率の位置にさほど差異は見られないが、勾配と毛管上昇高さに幾分差異が見られる。なお、ここでの珪砂の比水分容量を表わす van Genuchten モデルの定数 n は 3.62, 解析値は $n=3.01$ を得た。図-4 が示すように圧力水頭の値は近似していると言える。ここでの実測値と解析値との相関関数は 0.96 と高い数値を示したが、実測値は $\psi_{cr}=24.6\text{cm}$ の限界毛管水頭を取り、解析値は $\psi_{cr}=66.7\text{cm}$ と大きな値を得た。

4. おわりに

今回、蒸発法を利用した ADR の校正と水分特性の計測を行った。校正曲線の精度より高くするためにも各種の土質材料に対して検証を重ねていきたい。また、比水分容量を表わした定数 n や限界毛管水頭 ψ_{cr} は解析結果との差異があるだけに今後は屋外での実験と室内試験を比較し、信頼性のある結果を導きたい。

参考文献

- 1) 中間雄介, 唯根徹郎, 石田哲朗: 蒸発・浸潤現象を利用した簡易な水分特性の計測方法, 第 64 回土木学会年次学術発表会, III-192, 2009. 9.
- 2) 杉井俊夫, 山田公夫, 植村真美, 奥村恭: 水分分布近似法による砂質土の不飽和浸透特性の評価, 土木学会論文集 No. 792/III-71, pp. 131-142, 2005. 6.