

蒸発・浸潤現象を利用した簡易な水分特性の計測方法

東洋大学大学院 学生会員 ○本間雄介
 東鉄工業株式会社 非会員 唯根徹郎
 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には、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もの試験法がある。その中で瞬時水分計測法は排水・給水を生じさせているカラムの中に挿入したテンシオメータと ADR の経時的に変化する出力値を用いて、水分特性曲線と不飽和透水係数を求める方法で、現在ところ最も有用な計測法と考えられている。確かに、不飽和透水係数の値も同時に求められる点では瞬時水分計測法は有効な計測手法ではあるが、実際に計測してみると、思ったほど簡単な方法ではなく、計測値のばらつきも存在する。そこで本報では、より現実的な地中の水分変動に近い状態の水分特性を求める簡単な装置を作成したので¹⁾、その有効性について述べる。

2. 試験装置とその方法

試験装置は、降雨状態を擬似的に室内で再現した供試体への給水と、給水され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供試体(容積は約 2,600 cm³)全体としても把握できる簡単な装置である。その概略図を図-1 に示す。

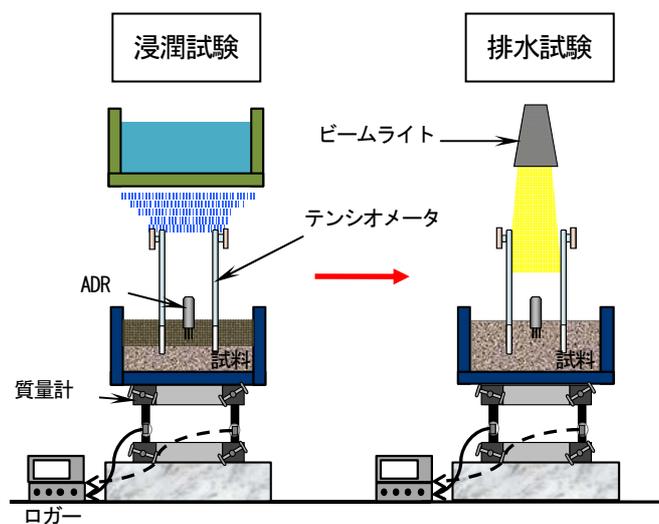


図-1 試験装置の概略図

試験方法は計測に用いる試料を所定の密度(ここでは、珪砂:1.64 t/m³, 関東ローム; 0.64 t/m³)で容器に詰め、図-1 中に示すような各機器を設置する。給水過程では装置の上方から水滴を垂らし、雨量強度の小さな降雨を再現し浸潤(給水)を行う。その時の計測間隔は1分間とした。排水過程ではビームライトを照射して試料内の水分を蒸発させる。排水試験での計測間隔を60分間とした。浸潤・排水時の質量の変化も質量計で同様に計測し、浸潤・排水時の体積含水率を算出する。そして ADR の計測結果からの体積含水率とテンシオメータの値からの圧力水頭を用いて水分特性曲線が得られる。他の研究を遂行している時に3年間近く野外における水分変化を測定してみたが²⁾、この方法は室内でそれを大略再現しているようなもので、このような簡易な方法での結果でも十分に活用できると考えている。

3. 試験結果と考察

本報では、珪砂、関東ロームと緑化基盤材の三種類の試料を使用し、各試料の水分特性曲線を作成した。緑化基盤材は複数の廃棄物を混合した植生工ののり面被覆材で³⁾、その水分特性はその研究を進める上で把握しておきたい。図-2には珪砂の実測値から得られた浸潤・排水過程のそれぞれの計測結果(○, △)とそれらに van Genuchten の関数モデルを適用したときの不飽和水分特性のパラメータ($\alpha, n, \theta_s, \theta_r$)を示した。浸潤・排水過程には、それに必要なエネルギーによって限界毛管圧水頭は異なることが普通で、浸潤時の方が小さな値を示すと考えられる。ここでの結果も同様で、 α の逆数から求めると浸潤時は27.8 cm、排水時は45.5 cmの値を得た。浸潤時の曲線で気になるのは比水分容量($C=d\theta/d\psi$)を決定する勾配部分が滑らかな挙動を示していないところである。van Genuchten の関数モデルに置き換えるときには、一定勾配と見なして処理すればよいが、実験での給水方法に工夫が必要と考えている。このような問題点もあるためか、浸潤・排水時の二つの水分特性曲線が交差して

キーワード 蒸発 不飽和土 水分特性 室内試験 毛管上昇

連絡先 〒350-8585 埼玉県川越市鯨井2100 東洋大学大学院工学研究科 環境・デザイン専攻 TEL/Fax:049-239-1409

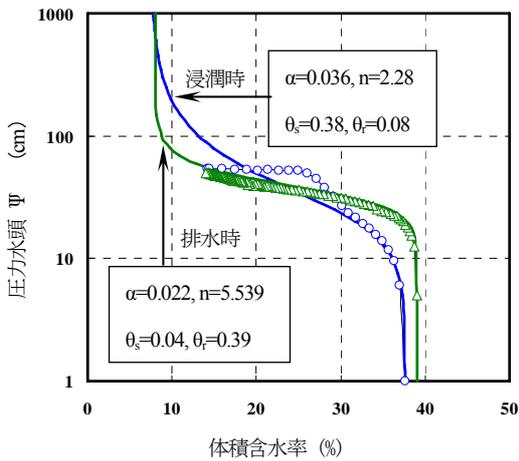


図-2 珪砂：計測値とそのVGモデル

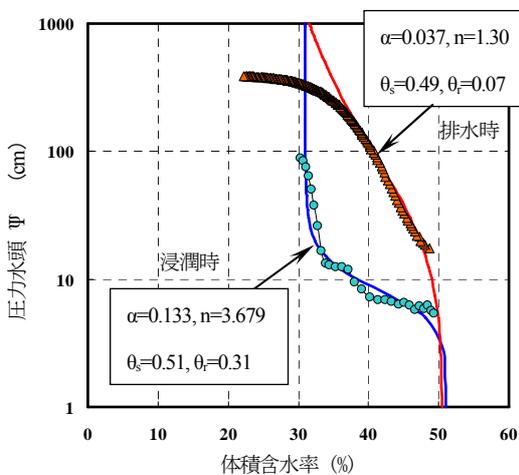


図-3 関東ローム：計測値とそのVGモデル

いる。なお、得られた定数 n 値は、排水時 $n=5.54$ 、給水時は $n=2.28$ である。

図-3には、関東ロームのそれぞれの過程の結果を示した。関東ロームは浸潤・排水時の曲線の両者共にそれぞれの曲線の特徴が出ている。しかし、排水時の結果を見てみると排水(蒸発)終了時付近の勾配が平坦になり、水分量の減少に伴って圧力水頭の上昇が見られないが、これは使用したテンシオメータの計測限界と判断している。また、飽和体積含水率 θ_s の値でも分かるように、この実験データは給水時に完全に飽和することができなかった一例で、質量計による値でも関東ロームの飽和度は60%前後であった。このことは給水時のデータが少ないことでもわかり、給水する際、降雨の勢いが強過ぎ試料内の水分量が急激に増加したため(飽和状態とは違って水面が形成された)、計測時間も十分に確保できなかった。

図-3 に示したパラメータ値の中で浸潤時の限界毛管水頭は 7.5 cm と予想に反し小さな値であった。排水時の

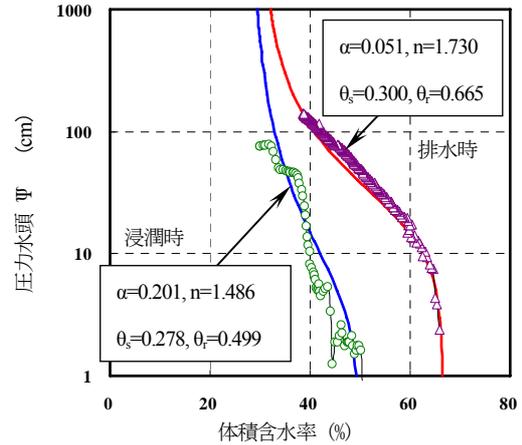


図-4 緑化基盤材：計測値とそのVGモデル

値も 27.0 cm と大きな数値は示さなかったが、水分特性曲線全体のVGモデルの傾向は、これまでに認識されている関東ロームの水分特性曲線と近い傾向にある。

図-4 に緑化基盤材のそれぞれ浸潤・排水時の計測値とモデルを適用した水分特性曲線を示した。浸潤時の計測値にばらつきもあり、給水方法に改良の余地があることは、これまでの結果と同様である。特に θ_s の差異は急激に浸水した状態と、排水(蒸発)時とに差が表れており、これらの差が大きいだけに浸潤方法の改良が不可欠と考えている。

4. おわりに

本報では簡易的な水分特性の計測方法を紹介した。現状では浸潤(給水)時に安定した良い結果を得ることは出来ていない。しかしながら、排水(蒸発)時の傾向は、これまでの過去の試験結果と比較しても、それぞれの試料の特性をおおよそ再現していると考えている。今後は、給水装置や給水量の調節方法に工夫をし、安定した実験が行えるようにしたい。その上で、多種の土質材料に対して計測を行い、試験法の一つとして用いられるようになることを願っている。

参考文献

- 1) 石田哲朗, 下田代知憲: 蒸発現象を利用した簡易水分特性の計測法, 第5回地盤工学会関東支部発表会, (Geo-Kanto2008) pp. 269 - 270, 平成20年11月.
- 2) 石田哲朗, 肥田野正秀, 中川幸洋: 熱環境緩和に対する貯留性ソルパックの性能評価に関する研究, 環境システム研究論文集(土木学会), Vol. 36, pp. 407-417, 平成20年10月.
- 3) 例えば, 石田哲朗, 高橋廣司, 下田代知憲: 廃棄物を利用したのり面緑化基盤材への地盤工学的アプローチ, 第7回日本大学大学院生産工学研究科 生命工学・リサーチ・センター研究発表講演会, pp. 15-18, 平成21年2月.