

蒸発・浸潤現象による簡易な不飽和浸透特性の計測法

東洋大学大学院 学生会員 ○本間雄介

東洋大学 学生会員 上田典孝

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かの試験法がある。その中で瞬時水分計測法は、水分特性曲線と不飽和透水係数を求める方法で、現在のところ最も有用な計測法と考えられているが、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。そんな折、貯留性ソルパックの性能評価を室内試験で行っていたときの試験法を用いれば、より簡易に不飽和土中の水分挙動を表現できると考えた。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、以下に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、浸潤した試料をビームライトによって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ある。また、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 16,128 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。

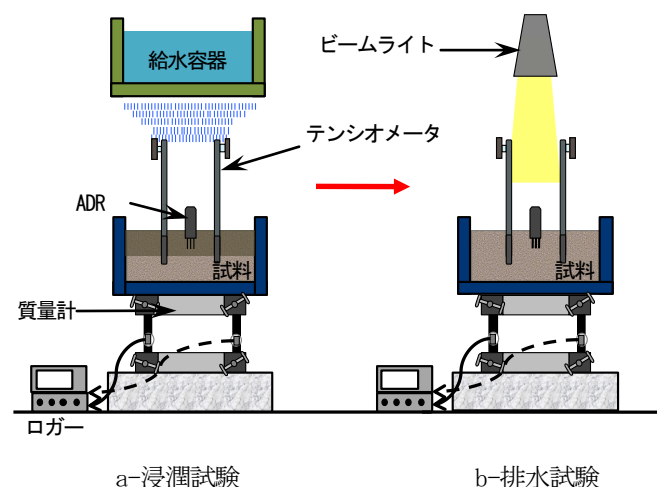


図-1 試験装置の概略図

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;1.67 t/m³, 関東ローム;1.05 t/m³, 緑化基盤材;0.75 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に設置した給水容器から水滴を垂らし、実際の降雨(雨量強度;41 mm, 激しい雨)を再現し浸潤(給水)を行う。また、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を算出するという簡易な計測法である。

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²⁾、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水頭 ψ_a は異なることが普通で、浸潤時の方が小さな値を示すことが一般的である。また比水分容量($C=d\theta/d\psi$)を決定する勾配部分は van Genuchten モデルの定数 n で表わされ、浸潤過程(給水)が排水過程(蒸発)の下方に位置すると考えられる。ここでの結果も前述したように、毛管上昇高さは α の逆数から求めると浸潤時は 23.2 cm, 排水時は 43.5 cm の値を得た。定数 n 値より浸潤時 $n=8.8$, 排水時は $n=4.97$ を示し、二つの曲線の勾配が異なる結果となった。したがって珪砂に関しては前述した水分特性曲線の一般的なモデルを再現できたと考えている。

図-3 には、関東ロームのそれぞれの過程の結果を示した。関東ロームも珪砂同様、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、浸潤時(給水)

キーワード 蒸発 不飽和土 水分特性 降雨量 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

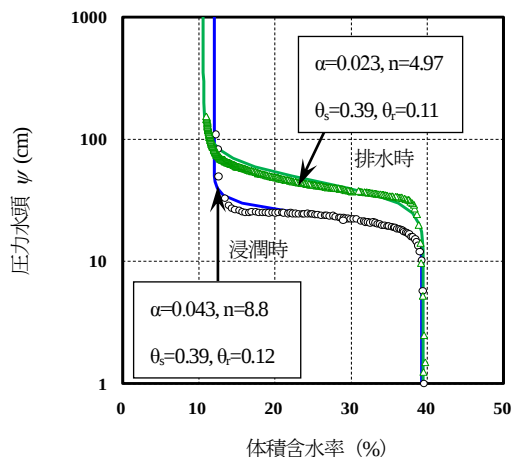


図-2 珪砂：計測値とその VG モデル

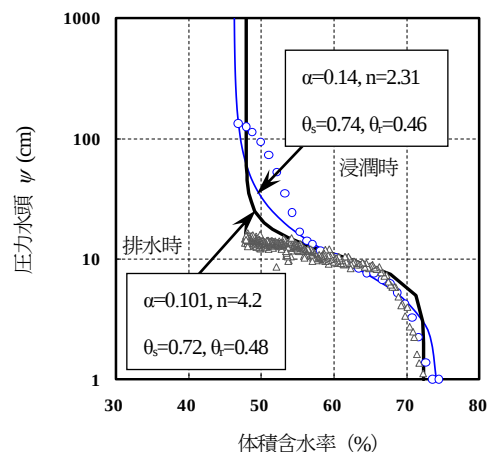


図-4 緑化基盤材：計測値とその VG モデル

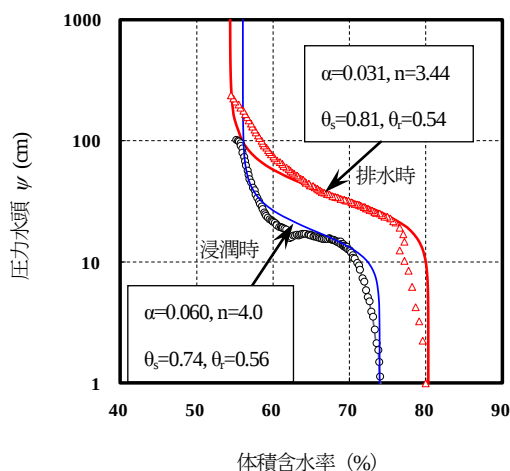


図-3 関東ローム：計測値とその VG モデル

の結果を見てみると不飽和領域から飽和領域に移行する際の勾配が平坦になり、計測値にもばらつきが見られるが、全体的には滑らかな曲線を描いていると言える。また、それぞれの過程の θ_s (飽和体積含水率) の値でも分かるように、浸潤過程と排水過程の θ_s の値に差異が見られる。ここでの実験では給水時に質量計による値でも関東ロームの飽和度は 90 % 前後と飽和に近い値まで給水を行ったが、負の圧力水頭の値が完全に試料が飽和する前に 0 cm を示した。これは試料に対する給水の速度が依然、速いためか圧力水頭を測定するテンシオメータが過剰に反応してしまったためだと判断している。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 ψ_a は 16.7 cm と予想に反し、小さな値であった。排水時の値も 32.3 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曲線と近い傾向にある。なお、得られた定数 n 値は、排水時 $n=3.44$ 、浸潤時は $n=4.0$ だった。図-4 に緑化基盤材のそれぞれ浸潤・排水時の結果を示した。浸潤時・排水時ともに滑らかな水分特性曲線を描

いていると言えるが、排水時を見ると勾配部分に計測値にばらつきが見られる。また緑化基盤材はこれまでにに行った実験からその特性を²⁾判断すると図-4 の体積含水率が示すように粘性土に区分される。しかし図-4 のパラメータ値の中で、 α の逆数から求めた毛管上昇高さは、浸潤時が 7.1 cm、排水時 9.9 cm となり上記の予想に反し浸潤・排水時ともに大きな値を示さなかった。また、ここで気になるのは浸潤時の曲線の勾配は急傾斜、排水時が平坦になり曲線の勾配が逆転してしまっていることである。この時の定数 n の値は、浸潤時が $n=2.306$ 、排水時は $n=4.2$ を示した。これまでの結果同様、粘性土に対する浸潤方法の改良が必要だと考えている。

4. おわりに

今回、簡易的な水分特性の計測方法を紹介した。現状では砂質土に対しては、それぞれの過程で信憑性のある結果が得られたと考えているが、粘性土に関しては各過程において常時安定した結果を得ていると言いきれない。しかし各試料の特性をほぼ再現していると考えている。今後は、給水量の調節や、試料の密度などにも変化をつけ、安定した結果を得られるようにしたい。その上で多種の土質材料に対して計測を行い、十分に活用できる試験法の一つとなるように検証を重ねたい。

参考文献

- 1) 本間雄介, 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法, 第64回土木学会年次学術発表会, III-192, 平成21年9月.
- 2) 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.