

蒸発・浸潤現象を利用した不飽和土の水分特性の簡易計測方法の検討

東洋大学 (院) 学生会員 ○本間 雄介
 東洋大学 (院) 学生会員 上田 典孝
 東洋大学 正会員 石田 哲朗

1. はじめに

不飽和土中の浸透問題は、局地的な豪雨などの雨水による土構造物破壊の予知や対策だけでなく、農学分野との関連からも不飽和地盤内での水分挙動を精確に把握することが必要とされている。不飽和地盤内での浸透流解析は van Genuchten モデルなどの関数モデルを用いて、専門的な解析ソフトにより容易に行うことが可能となってきたが、安定した解析手法として確立されたとは言い難い。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である。しかし上述した測定法のみでは、多種の土質材料の不飽和領域と飽和領域の境界で生じる水分挙動を把握することは困難だと判断している。そこで本報では、質量計を用いた水分特性の計測法、蒸発法による ADR の較正、屋外の水分特性の計測を行い、それらの測定法から提案する計測法の有効性について検証する。

2. 質量計を用いた簡易な水分特性の計測法

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。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。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。

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 には質量計から求めた各試料の実測値(排水過程)とそれらに van Genuchten の関数モデルを適用したときの水分特性曲線を示した。各試料ともにその水分特性は滑らかな曲線を描いている。しかし図-2 中に示したように限界毛管水頭 ψ_{cr} が砂質土である珪砂に対して粘性土に区分される関東ロームと緑化基盤材ともに小さく表れていることが見て取れる。van Genuchten モデルの定数 α の逆数をとると、限界毛管水

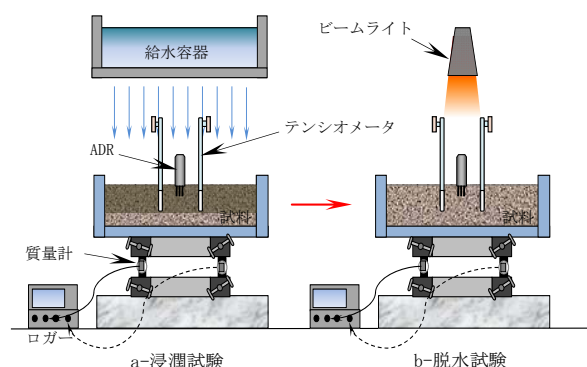


図-1 質量計による水分特性試験の概略図

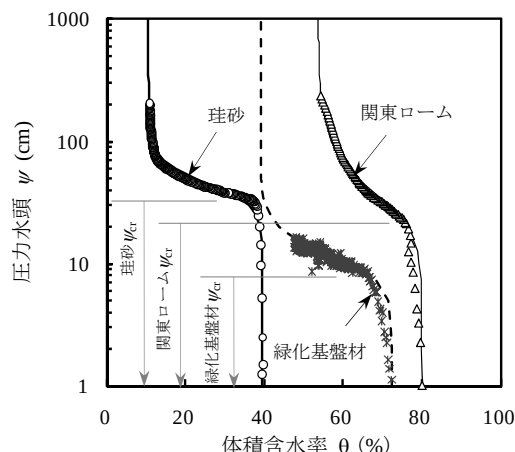


図-2 各試料の水分特性曲線(排水過程)

キーワード 蒸発 不飽和土 水分特性 較正 限界毛管水頭

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

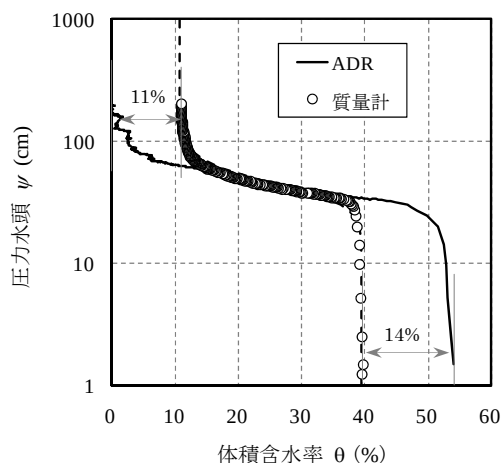


図-3 質量計と ADR から得た水分特性曲線

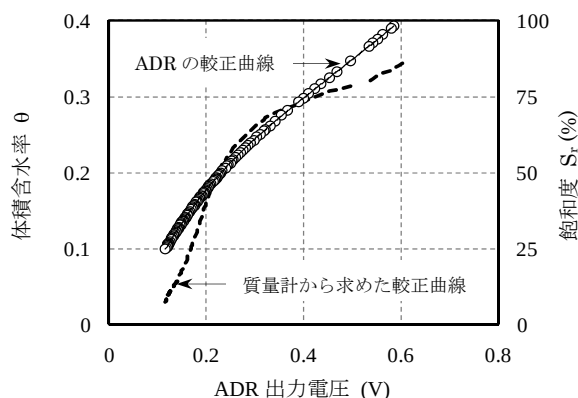


図-4 蒸発法から算出した各計測器の校正曲線

頭 ψ_{cr} を表わし、飽和した土壌の最大間隙から水分を抽出するのに必要な最小の圧力水頭を表わす。一般的には限界毛管水頭は砂質土で小さく、粘性土で大きくなると考えられているが、ここでの結果は、砂質土である珪砂は 43.5 cm、関東ロームでは 32.3 cm となり、粘性土の方が小さな値を示した。特に緑化基盤材の限界毛管水頭 ψ_{cr} も 9.9 cm と小さな値を示したことに対して注意が必要だが、これは緑化基盤材の持つ保水性の良さが表れたものだと思われる。提案する手法からは粘性土に対する試験方法に改良の余地はあるが、水分特性曲線全体はこれまでに認識されている一般的な水分特性を再現できたと考えている。

3. 蒸発法を利用した ADR の較正試験

図-3 には質量計と ADR から得た水分特性曲線を比較したものを示した。提案する手法では ADR と質量計から得た体積含水率の値に飽和領域と乾燥領域に 11 % ~ 14 % の差異が生じていることが見て取れる。この計測法では大きな供試体を使っているためか土中内の水分移動を把握することが難しいと判断している。そこで小さな供試体を使った蒸発法による ADR の検定試験

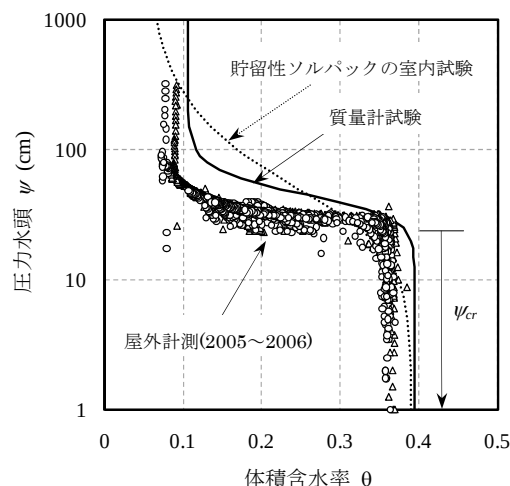


図-5 屋外計測における珪砂の水分特性曲線の変化

を行い、較正曲線を作成した。試験手順は提案する手法とほぼ同様で、試料を敷き詰める容器にはスチール製モールドを利用した。前述した結果と同様に図-4 から質量計から求めた体積含水率の値と ADR の出力値を換算して求めた体積含水率の値に乾燥時と飽和時に 0.08 弱の差異が見られる。今回の計測では飽和度 S_r が示すように (飽和度 $S_r = 84\%$) 試料に対する給水を十分行えなかったが両者の較正曲線は飽和が進むにつれてその差も大きくなると推察する。よってさらに検定試験を重ね、精確な較正曲線を作成する必要がある。

4. 自然状況下における水分特性

当研究室では貯留性ソルパックの性能評価に関する実験を行っており、その時の約 3 年間計測し求めた屋外における水分特性 (○, △) を図-5 に示した。その室内試験で求めた結果 (…破線) に比べると実際の自然状況下では定数 n は 7.279 で室内実験の $n = 1.8917$ より大きな値となり、この点が実際と室内試験との差異として現れていると考える。提案する手法 (一実線) では図-5 が示すように定数 $n = 4.97$ と屋外に近似する形となったが、やはり実際の屋外では比水分容量 C が大きく表れ曲線形状は異なるのではないかと推察している。今後は各種の計測について検証を重ねていきたい。

参考文献

- 1) 本間雄介, 上田典孝, 石田哲朗: 蒸発・浸潤現象による簡易な不飽和浸透特性の計測法, 第37回土木学会関東支部技術研究発表会, III-19, 平成22年3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。