シラスの水分特性曲線と不飽和透水係数に関する一考察

鹿児島大学大学院	学生員	小柳 智彦 , 酒匂 一成
鹿児島大学工学部	正会員	北村 良介
長野工業高等専門学校	正会員	阿部 廣史
(独)土木研究所	正会員	恒岡 伸幸 , 加藤 俊二

<u>1. はじめに</u>

鹿児島県本土では、地表面の 50% 余りがシラスに覆われており、これまで梅雨期や台風襲来時の豪雨によるシラ スからなる斜面の崩壊が多発し、多大な損害を被ってきている。降雨による斜面崩壊の原因は、雨水の浸透による すべり土塊自重の増加やサクションの低下、間隙圧の上昇による有効応力の低下であると言われている。そこで、 北村ら¹⁾は、不飽和砂質土中の間隙水の浸透挙動に関する数値力学モデル(以降、間隙モデルと称す。)を提案し, 水分特性曲線及び飽和度-不飽和・飽和透水係数の関係を誘導している。本報告では、シラスを用いた不飽和透水試 験と粒度試験を行い、間隙モデルによって得られる水分特性曲線と飽和度-不飽和・飽和透水係数の関係と比較・検 討し考察を行っている。

<u>2. 試験装置</u>

図-1 は不飽和透水試験装置の概略図を示している。本 装置は空気圧と水圧とを独立に制御してサクションを測 定することが可能である。また、供試体上下に取りつけ られているキャップとペデスタルは、間隙空気圧と間隙 水圧の制御部と測定部にわけられ、それぞれ独立に計測 できるようになっている。従来の室内での計測法では、 水分特性曲線と不飽和透水係数は別々に試験されており、 同時にそれらの物理量を得ることが困難であった。本装 置では、所定のサクションとなるように間隙空気圧と間 隙水圧を決定し、ビーカー内の排水量と吸水量が等しく なった時の流量を計測することにより、水分特性曲線と 飽和度-不飽和透水係数の関係が同時に得られることが できる。



図-1. 加圧型不飽和透水試験装置

バターン

バターン

7.62

7 5 1

2.405

1 33

1 27

1 7 5

2 0 8

7 56

9 0 4

3. 間隙モデル^{1),2)}

間隙モデルより間隙比e、体積含水率Wv、サクションSuと不飽和・飽和透水係数kが以下のように求まる。

$$e = \int_{0}^{\infty} \int_{\frac{p}{2}}^{\frac{p}{2}} \frac{V_{p}}{V_{e} - V_{p}} \cdot P_{d}(D) \cdot P_{c}(q) dq dD \qquad (1) \qquad W_{v} = \frac{e(d)}{1 + e} = \frac{1}{1 + e} \int_{0}^{d} \int_{\frac{p}{2}}^{\frac{p}{2}} \frac{V_{p}}{V - V_{p}} \cdot P_{d}(D) \cdot P_{c}(q) dq dD \qquad (2)$$

$$s_{u} = \boldsymbol{g}_{w} \cdot \mathbf{h}_{c} = \frac{4 \cdot \mathbf{T}_{s} \cdot \cos \boldsymbol{a}}{d}$$
(3)
$$k = \int_{0}^{d} \int_{\frac{p}{2}}^{\frac{p}{2}} \frac{p \boldsymbol{g}_{w} \mathbf{D}^{3} \sin \boldsymbol{q}}{128 \mathbf{m} (\mathbf{D} / \sin \boldsymbol{q} + \mathbf{D} \mathbf{H} / \tan \boldsymbol{q})} \mathbf{P}_{d}(\mathbf{D}) \cdot \mathbf{P}_{c}(\boldsymbol{q}) d\boldsymbol{q} d\mathbf{D}$$
(4)

ここで、 V_p : 円管の体積、DH:素体積高さ、V:素体積全体の体積、 T_s : 水の表面張力、 μ : 水の粘性係数、 : 毛細管と水の接触角、 w: 水の単位体積重量、d: 間隙水を保持する 表-1.供試体初期パラメーター 円管の最大管径。

<u>4. 試験条件</u>

キーワード:不飽和透水係数、サクション、間隙モデル

連絡先:鹿児島県鹿児島市郡元一丁目 21-40 工学部海洋土木工学科 Tel099-285-8473, FAX099-258-1738

-833-

100

今回用いた試料は、鹿児島県日置郡松元町で採集されたシラスを用 いている。試験は締め固め供試体で行った。供試体の初期状態を表-1 に示している。表-1 に示すように最大粒径 4.75mm とした試料をパタ ーン とし、最大粒径 850µm とした試料をパターン としている。 供試体に負荷する基底応力(=拘束圧-空気圧)は 19.6 kPa とした。また、 試験はすべて吸水過程で行っている。図-2 は粒径加積曲線を示してい る。

5. 試験,解析結果

図-3 はパターン とパターン における水分特性曲線と飽和度-不 飽和透水係数の関係を表している。サクションは、飽和度が高くなる に従い減少している。不飽和透水係数は飽和度が高くなるに従い、増 加していることがわかる。最大粒径が異なる試料を用いて試験を行っ たが、結果として水分特性曲線、不飽和透水係数はほぼ等しい値を示 した。図-2 を考慮すると、水分特性曲線、不飽和透水係数に粒径の大 きいな部分は影響を及ぼさず、粒径加積曲線より得られる均等係数、 細粒分含有率が同じであれば同様の水分特性曲線、不飽和透水係数が 得られるのではないかと考えられる。

図-4,5 はパターン での、水分特性曲線と飽和度-不飽和・飽和透水 係数の解析結果と実測値の関係を示している。図-4 より、解析結果は 実測値より飽和度が高い所では実測値とよくフィットしていることが わかる。飽和度が低くなると、解析結果が実測値より低いサクション で表されている。しかし、降雨による斜面崩壊を対象とした時、飽和 度の低い部分での差異はそれほど問題とはならないと考えられる。飽 和度-不飽和透水係数の関係では、解析結果と実測値の間には 2 から 3 オーダーほどの開きが見られ、過大に評価していることが分かる。間 隙モデルの改良が今後必要である。

<u>6. まとめ</u>

本報告では水分特性曲線と不飽和透水係数が同時に得られる不飽和 浸透試験装置を用いて、シラスの保水性、透水性に関する考察を行っ た。その結果、不飽和シラスの保水性や透水性に粒径の大きな部分は 影響を与えず、均等係数や細粒分含有率に依存するのではないかとい う知見が得られた。また、北村らが提案している間隙モデルは飽和度 の高い部分での保水特性を表現できること、不飽和透水係数を表現す るためには改良が必要であることがわかった。これらのことを検証す るため、今後、土質試験データの蓄積を目指したい。

本研究に対して科研費(地域連係推進研究費(No.12792009)、基盤B (No.13450196))の援助を受けた。ここに謝意を表します。

参考文献

1)R. Kitamura, S. Fukuhara, K. Uemura, J. Kisanuki, and M. Seyama: A numerical model for seepage through unsaturated soil, Soils and Foundations, Vol.38, No.4, pp.261-265,1998.

2)北村良介:降雨浸透による斜面崩壊メカニズムおよび経時的斜面安 定解析法の研究,受託研究報告書, pp.6-20, 2002.

