

不飽和浸透特性の評価における定常法と非常法法の比較

中部大学工学部 杉井 俊夫  
 中部大学工学部 山田 公夫  
 中部大学大学院○植村 真美

1. はじめに

不飽和の浸透特性を計測する試験(pF 試験、不飽和透水試験)には、定常法、非常法があるが、試験法の違いによるばらつきが報告されている<sup>1)</sup>。これまで本研究室では、pF 試験と不飽和透水試験を同時に実施できる加圧法(定常法)<sup>2)</sup>を実施してきた。今回、新たに2つの試験を同時に行えるとされる瞬時水分計測法<sup>3)</sup>(非常法)の実験装置を作製し、定常法及び非常法によって得られる浸透特性の結果についての考察をまとめた。

2. 試験装置と試験方法

瞬時水分計測法の試験装置を、図-1に示す。アクリル製角柱(幅 10cm・奥行き 10cm・高さ 50cm)を使用し、上部から 10cm 間隔でテンシオメータと FDR(Frequency-Domain Reflectometry)<sup>4)</sup>を各面に設置し、それぞれ間隙水圧と体積含水率が測定されるようになっている。試料は豊浦標準砂を用いて、1 分間隔で5時間計測した。乾燥密度  $\rho_d = 1.51\text{g/cm}^3$ 、排水条件で試験を行った。試験方法の手順として、試料をセットした後、供試体の低部から給水し浸潤させ、試料の上部まで浸透されたことを確認後、低部からの排水を行った。浸潤と同時に計測も開始する。排水面は、図-1中の A 点(試料下端を-18cmH<sub>2</sub>O の負圧で固定)とする。

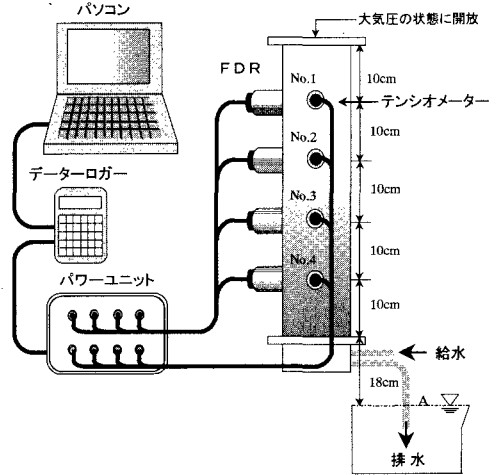


図-1 試験装置図

3. 試験結果と考察

図-2,3は、FDRによって得られた体積含水率及び圧力水頭の経時変化を示している。図-2,3のNo.1~3は、時間とともに排水が生じ、負の圧力水頭も上昇していることがわかる。No.4において、ほぼ一定値を示しているのは、限界毛管水頭により排水されていないことによる。また、図-3のNo.1の値よりもNo.2の方が大きな負圧値を示している。これは、試料を入れる際に供試体内部に空隙をなくすため、棒で試料を突いたため、No.2の個所では、非常に密な

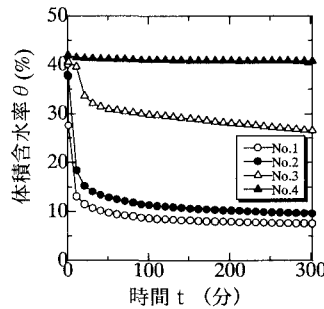


図-2 体積含水率の経時変化

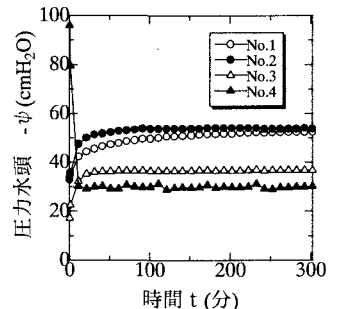


図-3 圧力水頭の経時変化

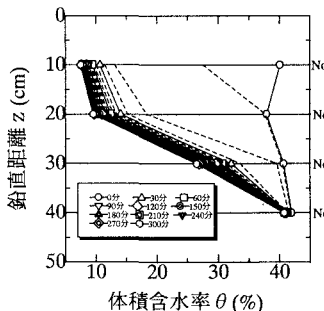


図-4 体積含水率の鉛直分布

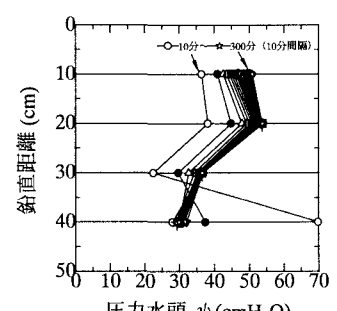


図-5 圧力水頭の鉛直分布

状態にしてしまったこと、中飽和域の圧力水頭の差が少ないことに起因すると考えられる。図-4,5 は、体積含水率、圧力水頭の鉛直方向の分布の経時変化を示している。図-4 の初期飽和時の No.2 の体積含水率が小さいことから密度が高いことから推察される。図-2,3,4 の結果から、不飽和透水係数を求めた結果を図-5 に示す。No.1,4 については、これを挟むテンシオメータがなく動水勾配を算出できないため、不飽和透水係数は求められていない。図-6 によると No.2 及び No.3 の計測点で同一体積含水率に対して異なる透水係数が得られているが、図-5 からわかるように下部の計測点ほど動水勾配が大きくなる。不飽和土の場合、土中水と間隙空気の流動があるため、飽和度が高い場合や動水勾配が大きい場合にはダルシー則が成り立たないことが危惧される。そこで、今回の瞬時水分計測法の結果から、動水勾配 2 未満において計測されたものだけを取り出し、図-7 に加圧法(定常法)の結果とともに示した。

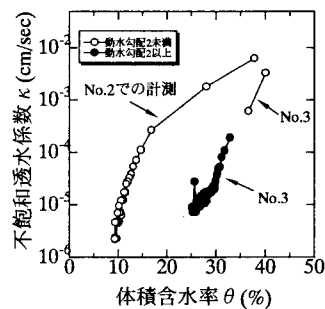


図-6 不飽和透水係数

4.定常法と非定常法の比較

今回行った瞬時水分計測法(非定常法)と加圧法(定常法)の不飽和透水係数については、ほぼ一致した結果が得られた(図-7)。飽和付近で非定常法において透水係数が小さく評価されている点(No.3)があるが、排水前線近傍では水分量が急変することによるデータのばらつきが考えられる。図-8 には、瞬時水分計測法及び加圧法により行った不飽和透水試験と同時に得られる排水過程の水分特性曲線を示した。瞬時水分計測法の結果は、図-7 の示すデータに対応する関係のみで示している。これより、瞬時水分計測法(非定常法)で求められた圧力水頭は加圧法(定常法)のそれより大きく、一致していないことが分かる。この原因として、非定常法の結果は、水分移動が生じている際の水分特性曲線であり、定常時の結果を示しておらず、両者の乖離が見られたものと考えられる。先の図-4の体積含水率と鉛直距離の関係の鉛直距離を負の間隙水圧と置き換えて考えると理解できる。

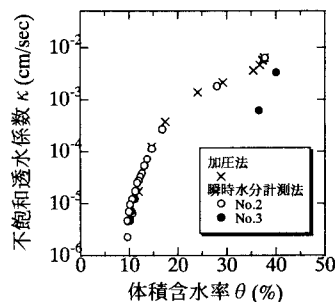


図-7 不飽和透水係数

5.あとがき

今回、不飽和透水係数(不飽和透水係数)および pF 試験(水分特性曲線)を同時に行える定常・非定常法による結果の比較を試み、次のことが得られた。不飽和透水係数は両者とも一致すること、水分特性曲線では同一水分量に対して非定常法の方が大きな圧力水頭を持つことがわかった。また非定常法における動水勾配が大きすぎると透水係数が小さくなることが得られ、今後、瞬時水分計測法(非定常法)における適切な動水勾配の問題や非定常法における水分特性曲線について検討をしていく予定である。

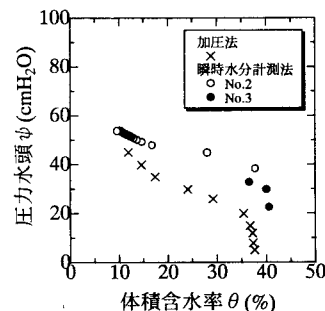


図-8 水分特性曲線

[参考文献]

- 1) たとえば、不飽和地盤の透水評価に関する研究委員会:不飽和地盤の透水評価手法ワークショップ'97(地盤工学会),pp82から90,1998
- 2) 宇野尚雄・佐藤 健・杉井俊夫・柘植 浩史:空気圧制御による不飽和砂質土の透水係数試験法,土木学会論文集,No.418/III-13,pp.115~124,1990
- 3) 河野伊一郎・西垣 誠:不飽和砂質土の浸透特性に関する実験的研究 土木学会論文報告集 第307号 1981年3月
- 4) 三野 徹・冀 北平・赤江 剛夫・長堀 金造:電磁波を利用した新しい土壌水分計測について(Ⅲ),一線式電極による評準砂の校正曲線,平成6年度農業土木学会,pp.152-153,1994