第Ⅲ部門　　水分量の経時変化に基づく吸水走査曲線の推定精度

大阪工業大学大学院　学生員　○中村　聡司
大阪工業大学　正会員　日置　和昭
大阪工業大学　正会員　長谷川昌弘
大阪工業大学　正会員　青木　一男

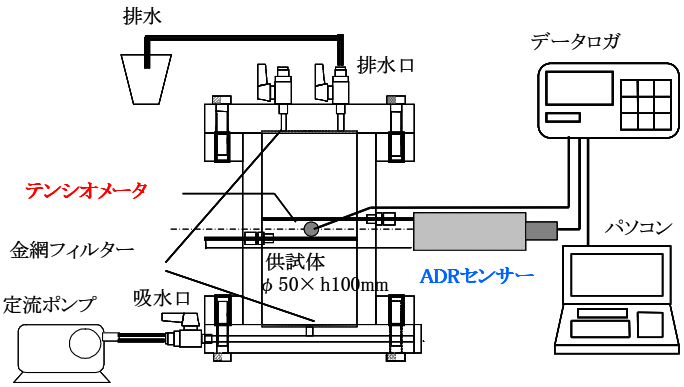
１．はじめに

著者ら[1)]は，水分量の経時変化のみから吸水走査曲線を推定する手法について提案している．しかし，その妥当性を十分証明するには至っていない．そこで本研究では，不飽和浸透試験（吸水過程）を実施し，推定手法の妥当性と不飽和浸透パラメータの同定精度について検証を行った．

２．不飽和浸透試験

２．１試験装置

水分量計（ADR センサー）と間隙水圧計（テンシオメータ）を用いた不飽和浸透試験装置の概略図を**図－1** に示す．カラム胴体部にはアクリル製円筒（内径 5cm，高さ 10cm）を使用した．アクリル製円筒中央に ADR センサー挿入口を設け，その挿入口から 90° 回転させた箇所にテンシオメータを取り付けることで供試体中央部の比誘電率と間隙水圧を同時に測定できるようにした．また，全断面で給排水されるように上下蓋の流出（流入）部には同心円状と放射状に溝を掘り，多孔板を取り付けた．なお，本試験装置は上下蓋を付け替えることで，流速制御の他に，圧力制御（吸引型，加圧型）も実施可能となっている．



図－1　不飽和浸透試験装置の概略図

２．２試料および試験方法

試験に用いた試料は，奈良県生駒山で採取された購入まさ土である．土粒子の密度は 2.69 g/cm^3，細粒分含有率は 4.8%であった．本研究では解析時において境界条件が設定し易いこと，フィルターによる損失を考慮する必要がないことなどから，流速制御による通水方法を採用した．試験手順は，以下のとおりである．

1) 初期体積含水率 θ_0 が θ_0 ＝0.20 となるように含水比調整した試料を湿潤密度 ρ_t ＝1.81g/cm^3（間隙率 n ＝0.40）でカラム内に均質に詰め，同時に ADR センサーの挿入針を挿入した．
2) ADR センサーおよびテンシオメータの読み取り間隔，スタート時間を設定し，動水勾配 i ＝0.05 に相当する流量（飽和時において，その動水勾配を与えたときの流量）で通水を行った．なお，通水は上蓋の排水口から水があふれ出るまで続けた．
3) 試験終了後，カラム内から試料を取り，炉乾燥法により試験終了時における部分飽和状態の体積含水率 θ_s’ を求め，θ_0 と θ_s’ から測定毎に ADR センサーの検量線を引き，測定した比誘電率から試験中における供試体中央部の θ を算出した．

３．同定手法および同定条件

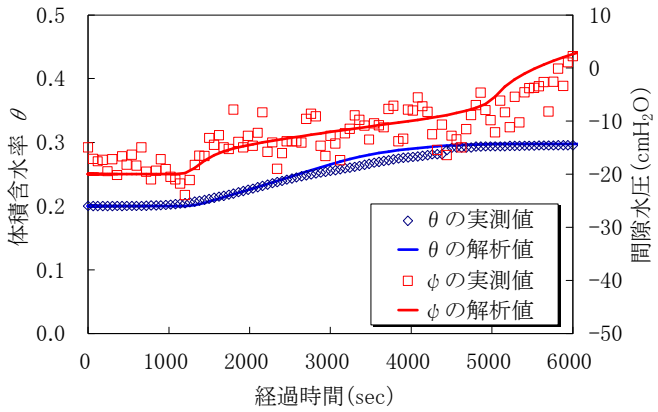
鉛直一次元不飽和浸透モデルを用いて浸透現象のモデル化を行い，水分量の経時変化のみから不飽和浸

Satoshi NAKAMURA, Kazuaki HIOKI, Masahiro HASEGAWA and Kazuo AOKI

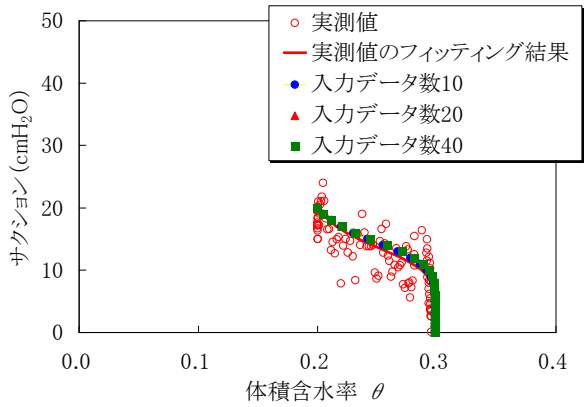
透パラメータを間接的に推定した．不飽和浸透特性に関しては種々のモデルが提案されているが，本研究では van Genuchten モデル [2]が吸水走査曲線を表現できるものと仮定して，水分量の経時変化に基づきサクションを推定することで，フィッティングパラメータ（α，n）を Gauss-Newton 法により同定した [1]．なお，同定の際には，初期サクション ϕ_0，θ_0，θ_s’と，測定時間を等分割し均等に抽出した 10，20，40 個の θを用いた．

4．同定結果および考察

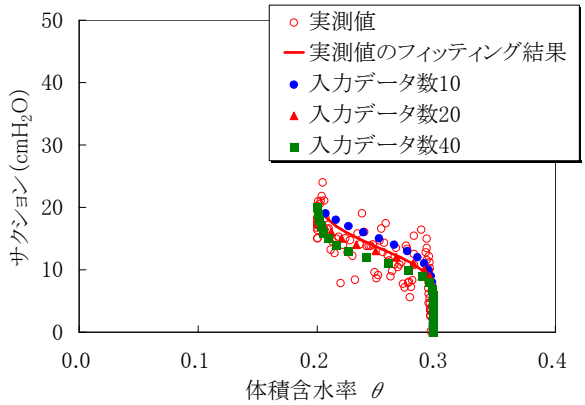
まず，同定した α，nを用いて順解析を行い求めた θ，ϕと実測値を比較した結果の一例（入力データ数が 20 個の場合）を**図－2** に示す．同図より，θ，ϕともに解析値と実測値は良好な一致を示しており，同定手法の妥当性が確認された．次に，実測値と同定した α，nに基づいて描いた吸水走査曲線を**図－3** に示す．同図より，吸水走査曲線は入力データ数が変わってもほとんどばらついておらず，入力データ数の違いによる影響はほとんどないものと考えられる．一方，ϕの経時変化のみから同定した α，nに基づいて描いた吸水走査曲線が**図－4** である．これによると，吸水走査曲線は入力データ数によって多少ばらついており，入力データ数の違いによる影響を若干受けている．これは，ϕの実測値がばらついているためであると推察される．



図－2　同定結果に基づく θと ϕの解析値と実測値



図－3　θの経時変化のみから求めた吸水走査曲線



図－4　ϕの経時変化のみから求めた吸水走査曲線

5．おわりに

西垣ら [3]は，現場計測を行い，斜面崩壊を予知するための計測項目としては，データのばらつきが大きい圧力水頭よりも，ばらつきが小さい水分量の方が有利であると指摘している．本研究では，不飽和浸透パラメータ（吸水過程）を少ないデータ数で精度良く同定するという観点からみても，水分量の方が有利であることを確認した．今後は，種々の条件下における不飽和浸透試験（吸水過程）を実施し，吸水走査曲線への van Genuchten モデルの適用性（適用限界など）について検討する必要がある．

参考文献

1）中村聡司，東紘士，日置和昭，長谷川昌弘，青木一男：水分量の経時変化に基づく不飽和浸透特性の推定～吸水過程を対象として～，地下水地盤環境に関するシンポジウム 2007 発表論文集，pp.23～pp.28，2007.

2）van Genuchten, M.Th. :A Closed-form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils, Soil Sci. Soc. Am. J., Vol.44, pp.892～pp898, 1980.

3）西垣誠，小松満，龍満弘誠，与那城稔，西原剛：豪雨時の斜面の安定性評価に関する現場実験，日本地下水学会 2004 年秋季講演会講演要旨，pp.114～pp.117，2004.