

DISK プログラムを用いた負圧浸入計データの解析について Analysis of tension-infiltrometer data by using DISK program

西村 拓
Taku Nishimura

1. はじめに

近年、乾燥地の塩集積、農薬や過剰施肥、産業廃棄物による地下水汚染の予測にコンピュータを用いた数値実験が有用な道具として使われている。数値実験は、使用するパラメータによって結果が左右される。従来行われてきた小型不かく乱試料によるパラメータ決定は、スケールの問題や採取時の試料の乱れの問題を含んでいる。そのため、原位置における測定への期待がある。

負圧浸入計は、Wooding(1968), (Prroux & White(1988), Reynolds & Erlick (1991)などにより改善が進められた結果、近年、原位置で透水性を測定する手法の一つとして注目されている。しかし、Wooding の式から導出したデータ解析の手法が必ずしも簡便ではないため、解析方法についての検討が現在も行われている。

DISK プログラムは、負圧浸入計データを用いた逆解析で土壌の水分移動特性値を推定する US Salinity lab.の公開ソフトである(Simunek and van Genuchten 1997)。プログラムは HYDRUS-2D を利用しており、逆解析データを積算浸入量に限定した簡易プログラムである。土壌水分計やテンシオメータのデータも併せて逆解析に用いる場合は、HYDRUS-2D の逆解析を使用する必要がある。

2. 方法

(1) 負圧浸入計の測定

負圧浸入計による原位置透水試験を東京農工大学 FS センター内の圃場(黒ボク土)で行った。給水ディスクは直径 20cm のものを用いた。測定地点を均平後、隣接部の初期土壌水分を ADR 水分計

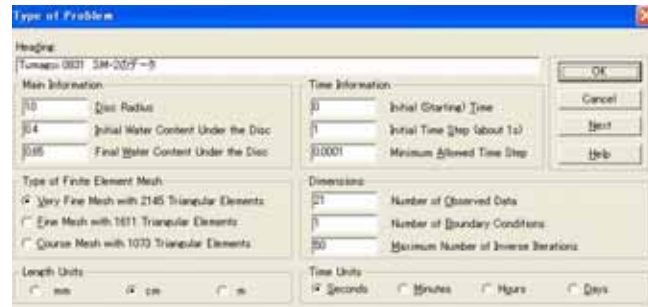


Fig.1 “Type of Problem” screen

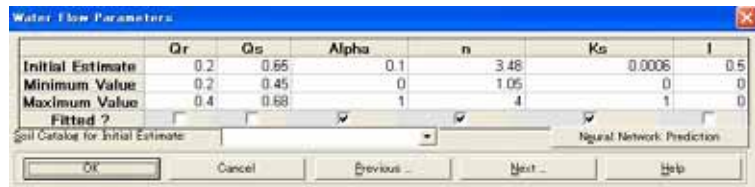


Fig.2 “Soil Hydraulic Parameters” screen



Fig.3 Estimate soil hydraulic properties (Rosetta Lite)

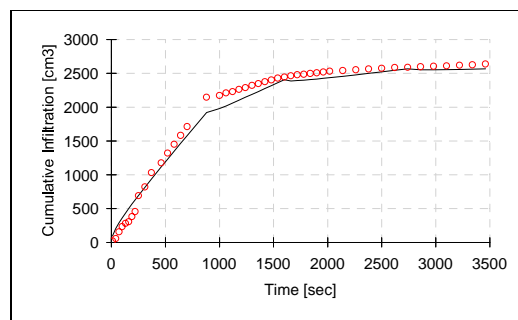


Fig.4 An example of fitting result

で測定し、負圧浸入計による浸潤試験を行った。試験後、ディスク下部の水分量を ADR 水分計で測定すると共に、比較のため 100cc 円筒で不かく乱試料を採取し、飽和透水係数(変水頭法)、不飽和透水係数(定常圧力制御法)を室内実験で測定した。

(2) 透水係数の算出

DISK プログラムは、1)Type of Problem (測定前後の水分量, 測定時間, 逆解析に用いる積算浸入量データの数, 給水圧力(境界条件)の設定数, ディスクのサイズ等, Fig.1), 2)Soil Hydraulic Parameter (推定する土壤の水分移動特性値 (Van Genuchten Model) の初期値や推定範囲, 推定の有無等, Fig.2), 3)Cumulative infiltration (逆解析用積算浸入量データ), 4)Boundary Conditions(給水圧力値と設定時間)の 4 設定画面があり、各々括弧内に示したデータを入力する。水分移動特性値は、DISK に内蔵されているデータベース(Fig.3)を援用し、土性等から初期値を与えることもできる。空間差分は有限要素法を用いているが煩雑なメッシュの設定はメニューから行う(Fig.1)。計算結果は、積算浸入量データへの適合の様子(Fig.4)と水分移動特性値が図と数値で出力される。

計算は、A:給水圧力-1cmH₂O から-15(または-20)cmH₂O までのデータを逆解析、B: 飽和近傍を避け、給水圧力-5cmH₂O から-15(または-20)cmH₂O までのデータを逆解析、すべての移動特性値を推定、飽和透水係数に 100cc 円筒の結果を固定して逆解析、の AB、4 パターンを各々組み合わせて試行した。

DISK プログラムの結果と 100cc 円筒試料の飽和・不飽和透水係数、Reynolds&Erlick(1991)の方法(以下 R&E method)で算出した透水係数との比較を行った結果を Fig.4 に示した。計算は大抵の場合 2GHz の Pentium4PC で 10 分以下である。

3. 結果と考察

実験を行った圃場は、非常に緻密で根成孔隙を除くと透水性が低い。これを反映して(A)給水圧-1~-15 cmH₂O の場合、と(B)-5~-15 cmH₂O の

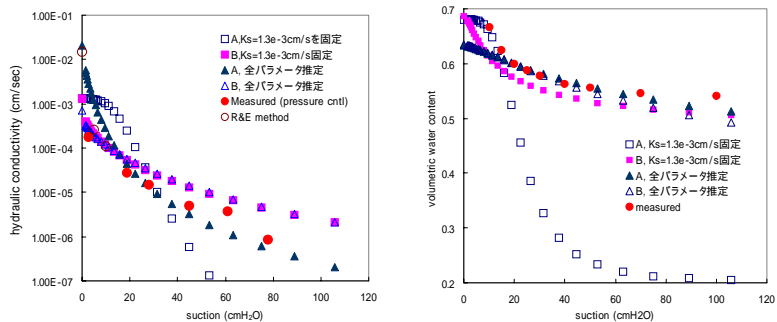


Fig.5 Unsaturated hydraulic conductivity and water retention of the TF soil

Table 1 Saturated Hydraulic conductivity of the TF&TM soil (cm/s)

sample	100cc core	R&E method	DISK 全推定(20cm disk)	
	range of data (cmH ₂ O)		A:-1~-15	B:-5~-15
TF	1.3×10^{-3}	1.5×10^{-2}	2.1×10^{-2}	7×10^{-4}

場合では逆解析結果が異なった(Fig.5)。保水性については、A- 全推定を除いて結果には大差が無かったが、不飽和透水係数については、A は、飽和近傍で定常法や R&E 法で求めた不飽和透水係数よりもかなり大きい結果を与えた。一般に逆解析をする場合、既知のパラメータ値を用いることで精度が上昇することが期待されるが、DISK に関して円筒試料の Ks を用いることは必ずしも良い結果を与えない。これは、モデル中では、飽和近傍のみで機能するマクロポアの寄与を考慮していないため、マクロポアの影響が少ない 100cc 円筒試料の Ks 値と負圧浸入計の浸入量データの間で矛盾が生じるためと考えられる。B の推定は 100cc 円筒試料の結果に近いものを与えた(Table 1)。

DISK プログラムは、画面上の簡単な条件設定と積算浸入量データのみで土壤の水分移動特性値が推定できる点で便利なプログラムである。しかし、現場の土壤がモデルで仮定しているものと異なる場合は注意を要する。また、測定自体にミスがある場合は間違った推定値を与える可能性が高い。

今回の結果から、飽和透水係数を得るためには、給水圧が 0 に近いデータを、不飽和透水係数、保水性など比較的微少な土壤構造に依存する移動特性値を求める場合は、低い給水圧(たとえば-5 cmH₂O 以下)のデータを用いることが勧められる。

参考文献: Wooding, R.A.(1968) Water Resour. Res.,4(6):1259-, Perroux K.M., and I. White(1988) Soil Sci. Soc. Am. J., 52:1205-, Reynolds W.D., and D.E. Elrick (1991) Soil Sci. Soc. Am. J., 55:633-, Simunek& van Genuchten (1997) Soil Science 162(6) :383-