

法政大学工学部 学生会員 加藤伸輔

法政大学工学部 柴田拓也

法政大学工学部 正会員 岡 泰道

1. はじめに

浸透型流出抑制施設の導入に際しては事前に対象地盤についての的確な保水透水能力の把握が不可欠である。その把握については施設の性質上、現地試験によるものが望ましく、現在その試験方法の簡便さから現地変水位ポアホール試験（以下、現地変水位試験）による土壌特性評価手法の確立および実用化が期待されている。しかしながら、現地変水位試験のみを用いた対象地盤の浸透特性の評価は困難なのが現状である。その原因の一つとして試験開始時における土壌吸引圧分布の評価が挙げられる。本研究では、その点に着目して現地変水位試験結果のみから保水透水能力（飽和透水係数）を推定する手法について検討を行った。

2. 飽和透水係数の推定について

飽和透水係数の推定は数値解析を用いて行う。以下にその詳細を述べる。

2.1 解析方法

基礎式として Richards の浸透方程式を用いて Galerkin 法により離散化し、軸対象の浸透現象を再現する。円筒形の全面浸透型のポアホールに対して計算領域を $16.8\text{ cm} \times 40.0\text{ cm}$ とし、下部境界には地下水面を与えた。水分保持特性を表す $\theta-\psi$ 関係には Haverkamp 式を用いたが、透水特性に係わる $k-\psi$ 関係は $\theta-\psi$ 関係によって異なるため表 1 のような組み合わせとした。初期条件（初期吸引圧）については次に述べる推定手法を適用した。

表 1 $\theta-\psi$ 関係および $k-\psi$ 関係

$\theta-\psi$ 関係式	$\frac{\theta-\theta_r}{\theta_0-\theta_r} = \frac{\alpha}{\alpha + [\ln \psi]^\beta}$
$k-\psi$ 関係式	$k = k_0 \cdot \left\{ \frac{\alpha}{\alpha + [\ln \psi]^\beta} \right\}^3$

2.2 初期吸引圧分布の推定

対象土壌の初期吸引圧について、関東ロームにおいては $\log|\psi|$ と $\sqrt{t}$ との間に直線関係が認められ、以下の推定式を導入することで土壌の初期吸引圧の推定が可能であるとされている¹⁾。

$$\log(\psi/\psi_0) = a\sqrt{t} \quad (1)$$

a: 近似式中の勾配、降雨終了からの経過日数による吸引圧の増加勾配を表している。

ψ_0 : 近似式中の切片、降雨後重力排水が終了した後の吸引圧を示していることから、その土壌の最小含水量に依存していると考えられる。

t: 降雨終了からの経過日数。

3. 定数 a について

(1)式によれば定数 a が定まれば、試験開始前の初期吸引圧が得られることを示している。そこで、筆者らが表 2 に示す各土壌において実施したテンシオメータによる土壌吸引圧の長期測定記録を用いて土壌ごとに (1)式をあてはめ定数 a を算出し、その分布について検討した。さらに、定数 a の簡易的な推定法について示し、その妥当性を検討した。

3.1 定数 a の分布

(1)式に基づいて算出した定数 a のうち、一例として長池土壌の深度別分布を図 1 に、各土壌の同一深度での分布を図 2 に示す。

表 2 各土壌の土壌特性

地区名	土壌データ	土質分類	地被条件
長池地区	自然地盤	関東ローム	林地
永山地区	都市化域	関東ローム	裸地
千葉実験所	自然地盤	砂質ローム	林地

都市化域の表層では盛土や転圧等の影響を受けており自然地盤の関東ロームとは土壌特性が異なる

キーワード：浸透試験、飽和透水係数、数値解析

〒184-8584 東京都 小金井市 梶野町 3 丁目 7 番 2 号 法政大学工学部

TEL 042-387-6278 FAX 042-387-6124

図中の折れ線は算定した定数 a を月別に平均して結んだものである。図1によると同一土壌においては地表面に近いほど a の値が大きくなっている。同一深度においては、ばらつきがあるものの夏期にかけて大きく、冬期に小さくなる。これらの傾向は、他の2つの土壌においても同様に見受けられる。また図2によると、都市化域である永山土壌における a の値は他の2つの土壌における値に比べ大きく、都市の乾燥化傾向を示している。以上のことから定数 a が日射量や気温、地被条件等に大きく左右されるが、土壌ごとに固有の傾向をもつと考えられる。

3.2 定数 a の定式化およびその妥当性の検討

先にも述べたが、現地変水位試験のみから飽和透水係数を推定するには、試験開始時の土壌吸引圧分布を規定しなくてはならない。しかし試験ごとにテンシオメータ等を用いて測定するのは実用的でない。そこで上述した定数 a の月平均値の変動傾向から、その変化を的確に表現できると考えられる2次式を最小自乗法によりあてはめた。得られた結果を、図1、2中に点線で示す。さらに、それを用いて推定した定数 a の妥当性について検討を行った。手順としては、定数 a の値を各月平均値 (Case①) および近似式 (Case②) から求めて土壌の初期吸引圧を推定し、それを用いて都立小金井公園での変水位試験結果から飽和透水係数 (k_0) を推定した。なお、吸引圧の推定には小金井公園の土壌と同様の性質をもつ長池土壌のデータを用いた。図3に、推定した k_0 および同一条件で実施された定水位試験結果から得られた k_0 を示す。数値解析 (Case①, ②) から得られた k_0 は、定水位試験結果による k_0 に近い値を示している。また、 a の値の差が最大となっている9月においても、Case①とCase②による k_0 の推定値は15%程度の差にとどまっている。

4. まとめ

対象土壌に即した吸引圧の推定式を土壌の初期条件として用いることによって、比較的妥当な飽和透水係数の推定が可能であることが示された。さらに土壌の相違による定数 a の推定式の類型化を試みた。

[引用文献]

- 1) 虫明、岡、小池 (1988) : 現地土壌特性の評価に基づく蒸発過程の数値シミュレーション, 第32回水理講演会論文集, pp.143-148.
- 2) 岡、岩城、井上 (1997) : 変水位ポアホール浸透試験に基づく現地地盤の浸透能力の評価手法に関する研究, 水工学論文集 第41巻, pp.13-18.

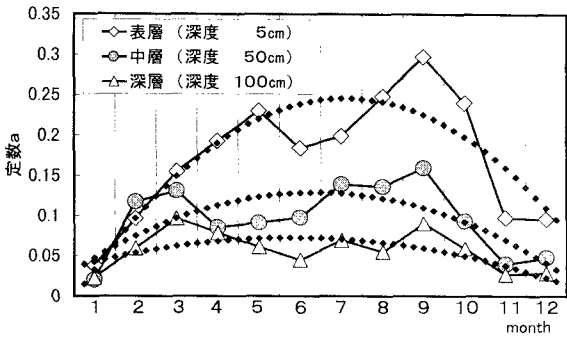


図1 定数 a の分布 (長池土壌)

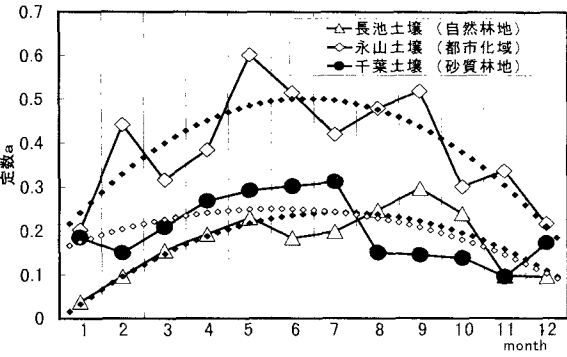


図2 各土壌の定数 a の分布 (表層)

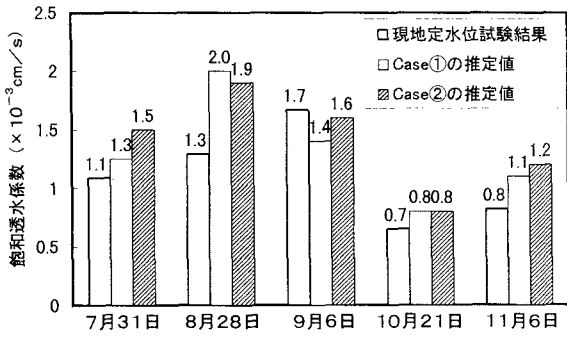


図3 k_0 の推定結果