

(Ⅱ-79) 変水位ポアホール試験による現地土壤透水特性の評価法について

法政大学大学院 学生員 井上 昇
法政大学工学部 正 員 岡 泰道

1. はじめに

浸透型流出抑制施設の計画などに際しては、対象地盤の保水透水能力の把握が不可欠であり、これらを定量化するための現地試験法のひとつにポアホール試験法がある。この手法には定水位法と変水位法があり、後者による試験結果からは、計測される値が土壤の透水特性を表現する物理量と直接対応していないために、これのみを用いて浸透特性を評価する手法は確立されていない。本研究では、有限要素法を用いた数値実験により、初期条件及び土壤特性パラメータが変水位試験結果に及ぼす影響を示し、現地定水位試験後に実施した変水位試験結果の解析方法についての検討することを目的とする。

2. 解析方法

基礎方程式にはRichards式を用い、2次元の浸透現象を再現した。円筒形の全面浸透タイプのポアホール(深さ80cm, 直径21cm)に対して計算領域を168cm×400cmとし、下部境界には地下水面を与えた。また、水分保持特性を表す $\theta-\phi$ 関係にはCampbell式を当てはめて用いた。初期条件として吸引圧 ϕ_{ini} を与える。また、土壤パラメータには飽和透水係数 K_0 、空気侵入値 ϕ_{cr} 、飽和体積含水率 θ_s 、Campbell係数 b がある。 θ_s は変水位試験結果にあまり影響を与えないため、ここでは関東ロームの平均的な値である $\theta_s=70\%$ とした。

3. 土壤特性値が変水位試験結果に与える影響について

1) 初期条件の影響 土壤の初期条件(吸引圧) ϕ_{ini} を全層について $-100\text{cmH}_2\text{O}$ から $-15\text{cmH}_2\text{O}$ まで与え、それぞれに関する孔内水位の経時変化を計算した結果を図1に示す(ポアホール式, $D=21\text{cm}$, 孔内の初期水深50cm)。下限値として与えている $-100\text{cmH}_2\text{O}$ はやや乾燥した状態であり、 $\phi_{cr}=-10\text{cmH}_2\text{O}$ として与えているために $\phi_{ini}=-20\text{cmH}_2\text{O}$ より湿潤している場合は定水位後とほぼ同じ状態であると考えられることができる。

2) 土壤パラメータ ϕ_{cr} , b の効果 空気侵入値 ϕ_{cr} は深度により変化することが一般に知られており、関東ロームでは深度1m付近までの土壤では約 $-10\text{cmH}_2\text{O}$ から $-50\text{cmH}_2\text{O}$ 程度の値をとる。また、この値が浸透に及ぼす影響力は図2(a)に示すように非常に大きいため、変水位試験結果から飽和透水係数を求める際の大きな障害となりうる。従って、この値の決定は慎重に行う必要がある。一方、Campbell式中の定数 b は、水分特性曲線の傾きに関するもので、土壤が緻密になると大きくなる傾向にあ

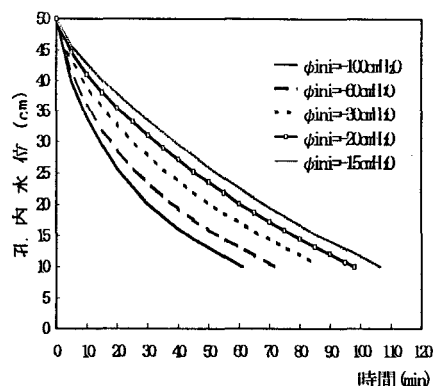
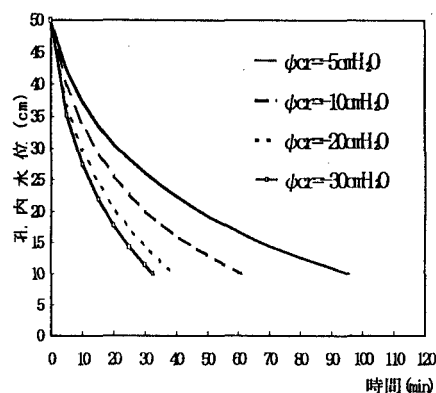
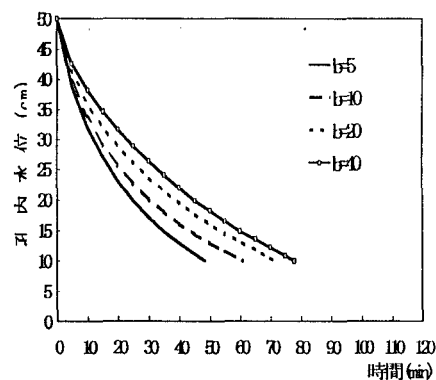


図1. 初期条件が孔内水位に及ぼす影響



(a) 空気侵入値 ϕ_{cr} の効果



(b) Campbell係数 b の効果

図2. 土壤パラメータの効果

る。しかし、孔内水位の時間的な変化に及ぼす影響は比較的小さい(図2(b))。現地地盤ではこの2つのパラメータは深度により変化するものであるが、ここでは初期条件と同様、全領域同じ値を用いた。

4. 飽和透水係数の算定手法の提案

変水位試験結果を解析する場合には土壌特性値を定量化する必要があるため、求めるべき未知量以外については、適当な仮定を用いるか、室内試験などにより決定する方法を採らなければならない。まず、初期状態を決定するために、ここでは定水位の後に行った変水位結果を用いた。定水位後のボアホール付近の土壌状態はほぼ飽和していると考えられるので、 ϕ_{cr} が決定されればその値に近い ϕ_{ini} を与えればよい。bは、変水位の結果にあまり影響を及ぼさないことから、ここでは表層付近における関東ロームの平均的な値 $b=10$ とした。飽和透水係数 K_0 を推定するにあたり、 ϕ_{cr} を決定しておく必要がある。ここでは定水位試験により

求めた K_0 の値 $1.154 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ を用いて、様々な ϕ_{cr} による変水位結果をシミュレートし、実測値(1995/9/1, ボアホール式, ボアホール直径 $D=21\text{cm}$, 孔内の初期水深 50cm)と全試験期間にわたり最もよく符合している $\phi_{cr}=50\text{cmH}_2\text{O}$ を採用した(図3)。この値については、ボアホール深などの試験条件がほぼ等しいことから、試験位置周辺の土壌についてはほぼ等しいという仮定が成り立つと考えられる。次に、この土壌条件に対して、様々な K_0 ($0.750 \times 10^{-3} \sim 4.00 \times 10^{-3} \text{cm/s}$)を与えてシミュレートした結果を図4に示す。図中には、 ϕ_{cr} を決定したものとは別の現地試験結果(1995/11/24, ボアホール式, $D=21\text{cm}$, 孔内の初期水深 60cm)を併記しているが、この例では K_0 が $1.0 \times 10^{-3} \sim 1.5 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ の範囲にあると推定される。一方、定水位試験結果より求めた K_0 は、 $1.29 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ であり、上記の推定結果とほぼ符合している。

5. まとめ

本研究では ϕ_{ini} , ϕ_{cr} , bを仮定した後に、変水位試験結果を用いて飽和透水係数を求める手法について考察した。初期条件や $\theta-\phi$ 関係を室内試験により明らかにすれば、その結果を解析に用いることができる。すなわち、現地では変水位試験のみを行うことで土壌の透水特性を推定することが可能となる。今後は、他の土壌に対しても同様の解析が妥当であるか、また他の水分特性曲線の提案式を用いた検討をすすめていく予定である。

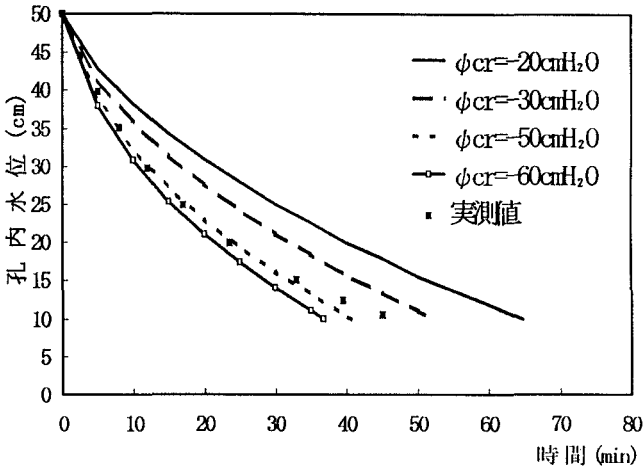


図3. 空気侵入値の決定に用いたフィッティングカーブ

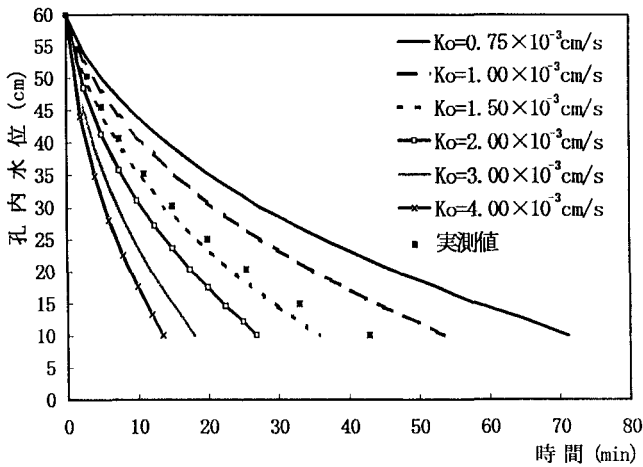


図4. 飽和透水係数の推定に用いたフィッティングカーブ