

岐阜大学工学部 正会員 宇野 尚雄
同 大学院 学生員 ○ 奥田 邦夫

一次元水平浸透・排水現象の解析式として、ダルシーの法則に基づく Lambe の式あるいは熱伝導型の式がある。水平一次元浸透の現象は Lambe の式でかなり説明できることがわかってゐる。また熱伝導型の式は、土のヒステリシスによる透水性係数、比水分容量などの変化を考慮することができ、より合理的な式と考えられる。これらの式を用いて、一次元の水平浸透・排水について、前回に引きつづき実験と考察を加えた。さらに、不飽和領域におけるサクシオン測定上の問題点について言及した。

1. 水平土柱の浸透と排水

一次元水平浸透・排水の実験装置および方法は前回に述べたので省略する。Lambe の解析式は浸潤前方で不飽和になるも管圧力が働き、浸潤面を境に含水比は急変すると仮定してゐる。しかし、この仮定には多少問題があるが、この Lambe の式に基づく解析法は今回の浸透実験でもその正当性が認められた。熱伝導型の式は次のように誘導される。すなわち、ダルシーの式は $u = -k_c \frac{\partial h}{\partial x}$ ----- [1] k_c : 透水性係数, h : 圧力水頭, u : 速度, x : 距離であり、非定常流の連続の式は $\frac{\partial \theta}{\partial t} + \frac{\partial u}{\partial x} = 0$ ----- [2] θ : 含水率(土の全体積に対する掘けき水の量を体積変化で表わしたもの), t : 時間。ここで、 $C = \partial \theta / \partial h$ なる比水分容量を導入し、[1], [2]式から $\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{1}{C} \cdot \frac{\partial}{\partial x} (k_c \frac{\partial h}{\partial x}) = \frac{\partial}{\partial x} (\frac{k_c}{C} \frac{\partial h}{\partial x})$ ----- [3] さらに、 $k_c/C = D$ と置き、これを拡散係数という。そして、 $\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} (D \cdot \frac{\partial h}{\partial x})$ ----- [4]となる。 D を一定とし、次の条件すなわち水平土柱の一端に水頭を与え、他端を大気に開放させておく。初期条件: $h(x, 0) = 0$ $0 < x < l$, 境界条件: $h(0, t) = H$ $t > 0$ $\frac{\partial h(l, t)}{\partial x} = 0$ ----- [5] (ただし l は水平土柱の長さ) の下で解くと、 $\frac{h(x, t)}{H} = 1 - 4 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2 \pi^2} \cdot \sin \frac{(2n+1)\pi x}{2l} \cdot \exp \left(- \frac{D(2n+1)^2 \pi^2 t}{4l^2} \right)$ ----- [6] のようになる。この[6]の解は D が一定の簡単な場合の解である。土のヒステリシスを考えた場合や、透水性係数、比水分容量が変化する場合の解を得ることは難かしいが、簡単な場合については差分法によって解くことができる。拡散係数 D を求めるには、間接的方法として対象とする土の一部を取り出しサクシオンプレートなどを用いて、本実験とは別にその土の状態で固有な含水比-圧力水頭(サクシオン)の関係を求めて推定する方法、直接的方法として γ -線を用いる方法、毛管上昇による推定法などがある。前者は直接に土柱の含水変化を知る方法のひとりで、極微量の静電容量変化を測定し含水比を推定する微小変位計(岩崎通信製)を用いて検討したが、満足な結果を得ることができなかった。しかし、この方法は簡単で有用と思われるので、再検討し高い精度を得るよう改善して行く予定である。ともかく、拡散係数 D を推定する方法には種々あるが、簡単で容易に有用なデータを求める方法はまだ十分に確立されてゐない。その他[4]式を数値的に変換をみこみながら、あるいは線形化して解析した例もある。

さて、排水実験においては前報と同様の初期・境界条件であるが、はじめ水平土柱の圧力水頭をゼロにし、飽和してゐる状態から一端に強制排水頭-50cmを与えて排水した。他端は大気に開放する。この初期・境界条件($D=10 \text{ cm}^2/\text{sec}$)を[6]式に代入して求めた結果は、図-1の実験のようである。同

図には排水実験の結果も実験で描かれている。

図-1は時間とパラメーターとした圧力分布の図である。前回の排水実験では、ダルシー法則に反するような結果を報告したが、今回の実験ではちおうダルシー法則で説明可能な圧力分布の形になった。このような差異が生じた原因として十分な説明力のある原因は見当らないが、不飽和土中の内部での水圧伝達機構によるものが大きな原因ではないかと思われる。さらに、後述する所の不飽和領域での負圧測定上の問題などが考えられる。今後種々角度を変え実験を進める予定である。また、図-1でわかるように計算値と実験値とが、境界に近い部分で水頭変化の追従が遅い。すなわち、拡散係数Dがみかけ上小さくなってきているようである。この原因を考えると次のようなことが考えられる。すなわち、強制排水による目詰まりなどの要諦現象、あるいは境界でのヘッドロスに基づくものと考えられる。その他、Dの場所的・時間的变化や土のヒステリシスを計算に考慮してないことによると思われる。それは今回の実験では、圧力一体の図解にある含水比の面から十分な実験的考察を進めることができなかったことに起因している。今後この方面からの研究を進める予定である。

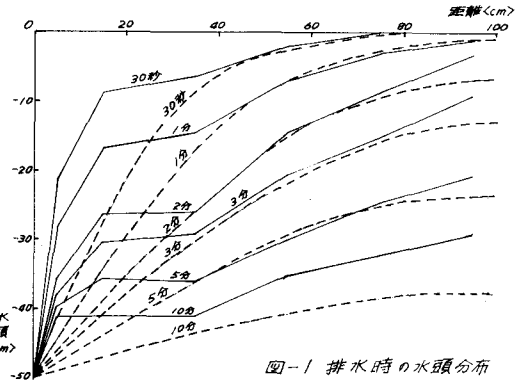


図-1 排水時の水頭分布

2. 不飽和土の負圧測定
不飽和領域での負圧測定は、通常サクションプレートと圧力計を連結し、プレート上のメニスカスの変化によって測定される。サクションプレートとしてガラスプレートを用いた(浸透・排水実験の際にも用いた)。図-2ののような簡単な装置でそのガラスプレートの性能ならびに負圧の測定精度について調べた。実験方法としては、真空ポンプによって任意の負圧をガラス容器に与える。その負圧はU字管で水頭に変え読みとった。そして、その際ガラスプレートによって検出される圧力変化を水圧計で測定した。

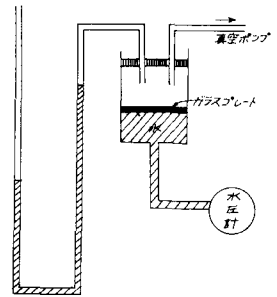


図-2 負圧測定装置

結果はまったく値がでたためであった。ガラスプレート上のメニスカスに十分気をつけて実験を行っても、やはり同じような結果になった。要するに、与負圧に対応しないというところである。そして、気が付いたことはガラスフィルター上に十分な湛水面がない場合には、負圧測定には問題があるのではないかとと思われる。この原因はガラスプレートの表面に生じるメニスカスの発達に関心によるものと考えられる。このことは前述の排水の際における圧力分布のパラッキの要因として表れている。今後、この負圧測定について、さらに検討していかねばならない。

本研究は、相場 勉君(理久保旧鉄工(株))の卒業研究として実施された。同君に謝意を表す。

参考文献

- 1) 岸野尚雄; 土中の浸透と排水に関する考察, 土木学会第25回年次学術講演会講演集, 1970, pp. 443~446.