

浸透速度について

東京都立大学工学部 正会員 丸井 信雄

ここにいう浸透速度とは砂層などの透水体の乾いている部分を水が浸透していくときの浸潤面が前進して行く速さである。また、その浸潤の進行に伴う浸透の水量の時間的変化をもさすものとする。

ここでは、地面にたまった水がどのような割合で地下に浸透して行くかを、基本的な一次元の浸透として論ずるとともに、二次元的な場合に対する簡単な計算方法を提案する。

1. 一次元浸透

図-1のような一定断面の砂層を鉛直に置いて、上面から水を浸透させる場合を考える。図のごとくいまある時刻に水深 h_0 の水が砂面上に在り砂層内は表面から h の深さまで浸潤しているとすると、砂層の透水係数を k 、空けき率を f 、毛管作用による水頭を h_c とするとき、砂層の下面は大気中に開口して空気の抵抗が無視される場合の浸潤面の前進（降下）の速度は次式で与えられる。

$$\frac{dh}{dt} = \frac{k}{f} \cdot \frac{h_0 + h_c + h}{h} \quad (1)$$

いま、 $h_0 = 0$ のとき、すなわち砂層の表面が水たまりを生じない程度で十分に飽水しているときには、毛管作用も浸

潤部の上面と下面とに同じに働くと考えられて $h_c = 0$ となり浸透速度 dh/dt は一定値 k/f となる。式(1)を、乾いた砂層の上面に急に h_0 の水深を与えその水深を一定にしておくものとして積分し、 $t = 0$ で $h = 0$ とすれば次式を得る。

$$h - (h_0 + h_c) \log_e \frac{h_0 + h_c + h}{h_0 + h_c} = \frac{k}{f} t \quad (2)$$

式(1)および(2)から浸潤面の前進速度を U とすれば

$$\left. \begin{aligned} \frac{k t}{f (h_0 + h_c)} &= \eta - \log_e (1 + \eta) = \frac{1}{U - 1} - \log_e \frac{U}{U - 1} \\ \text{ここに, } \eta &= \frac{h}{h_0 + h_c}, \quad U = f \frac{v}{k} = \frac{f}{k} \cdot \frac{dh}{dt} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

式(3)の関係を図示すると図-2のようになる。この図に示される関係は多くの浸透に関する実験と同じ傾向を示し、浸透能として表現されているものとよく似ている。表面の水深 h_0 に比べて浸潤の深さが大きくなったときには浸潤速度はほぼ一定の大きさ k/f になり、浸透能に関する現象を説明していると見ることができる。浸透能の最終値は土の透水係数と空けき率で決まると推量することができる。 h_0 の大きさは上述の関係を用いて実験的に求めることが必要であるが、実際の砂について毛管による上昇高さから求めたものとは相当の差がある。これは浸潤の前進の速度に影響されたり、毛管

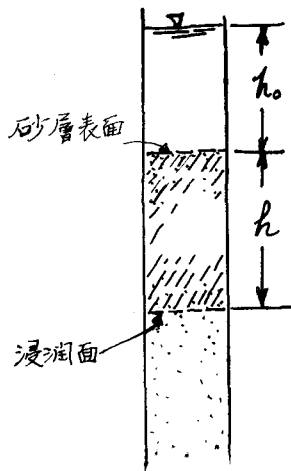


図 - 1

高の観測が明確に行ない得ないことによるものと考えられる。

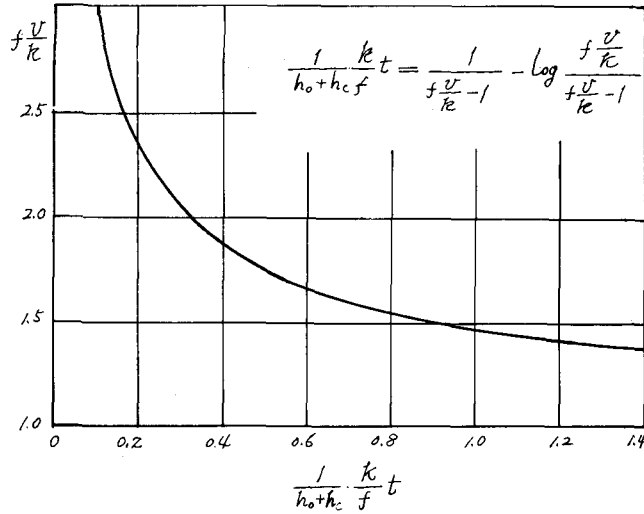


図 - 2

2. 二次元浸透流における浸潤面の前進の一計算法

近似的に乾燥砂中の浸潤速度を計算する一方法をつぎのように提案する。その基準をつぎのように仮定する。

- (1) 浸潤面における各部の流速の大きさは、上流端とその点との水頭差に比例し上流端からその点まで浸透流が起り得る径路の最短距離に反比例する。その比例定数は透水係数を用いる。
- (2) 上流端として選ぶ点は上流端のうち流速の最大となるような点とする。
- (3) 浸潤面における条件は、その面が水平面となす角を θ とし、透水係数を k 、面に沿った速度成分を v_s とするとき

$$v_s = k \cdot \sin \theta \quad (4)$$

であるとする。

- (4) 浸出面においては、その面が一つの浸潤面と考えられるから、それが水平面となす角を θ とすれば上述の(4)と同じに表わすことができる。
- (5) 不透水層に接する部分においては、浸透流は不透水層表面に沿うから、浸潤面の形状は式(4)より $\theta = 0$ となることが必要である。

以上の仮定に基づいた計算は図解的に進めることが可能であって、その諸例については講演時に示すこととする。