

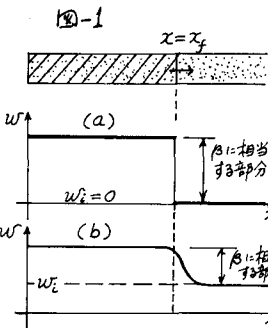
岐阜大学工学部 正員 宇野尚雄
岐阜県土木部 正員 ○ 奥田邦夫

1. まえがき

土中を実際に有効に浸透して通過する断面部分を有効間隙率(n_e)とよんで、間隙率(n)と区別することはよく知られている。一方、土中へ浸透水が浸潤してフロントが進行するときに、土中に貯えられる水量が土全体積に対して占める割合を β と表わして、 β を貯留係数とよぶと、これは揚水試験のときに水位低下にもなつて土中から排水される割合として使われる貯留係数の概念と同じものになる。乾燥土に対する浸潤の過程では有効間隙率、間隙率、貯留係数がそれぞれほぼ等しくなるため従来筆者を含めて多くの研究者の間で混同して用いてきたということがある。本文は第1にこの点を反省して、上述のように有効間隙率と貯留係数を区別することを主張するものである。第2にこれら2量について既公表データもとり入れながら、その物理的意味の考察結果を述べるものである。

乾燥土に対する浸潤による土の含水状態の変化は図-1(a)のようにフロントを境に急変するのに対して、湿润土に対しては(b)のように漸変する特徴をもっている。乾燥土の(a)の場合には、浸潤によって水はほぼ間隙率に等しい量だけ土中に貯留されるから、 $\beta \approx n$ である。またこの量は浸潤面のフロントのところで実際に水が通過している間隙空間を意味するから、 $\beta \approx n \approx n_e$ でもある。しかし浸潤面後方の部分では有効間隙率 n_e は n に等しいが、または n より小さいであろう。

湿润土の(b)の場合には、初期含水比に相当する間隙部分を水が初めから占有しているため、浸潤にともなつて土中に貯留される割合の貯留係数 β は n や n_e より小さく、初期含水比の増加とともに減少する関係にある。



しかし、有効間隙率 n_e は初期含水比の多少による影響をあまり受けないと考えられる。

2. 土の有効間隙率 n_e

いま一定断面積 A の透水管内の土中を浸透流量 Q (cm^3/sec)が流れているとすると、みかけの流速 U は

$$U = Q/A \quad (1)$$

一方、断面積 A のうち有効間隙率 n_e の部分を実際の浸透水が U_s という速度で流れているとすると、

$$U_s = Q/(n_e A) \quad (2)$$

式(1)と式(2)から

$$U = n_e U_s \quad \text{or} \quad n_e = U/U_s \quad (3)$$

有効間隙率 n_e を式(2)、(3)のように定義して考えると、みかけの流速 U と真の浸透速度 U_s を測定することにより土の n_e が測定し得る。 U は観測流量 Q を A で除して容易に求まるが、 U_s は正確に測定することが困難である。筆者は一法として、浸透水にウラン(フルオロセイントリウム)なる色素(濃度が高いと赤茶色、低いと緑色)を溶かして、色素の移動から透水管内の浸透水の真の速度 U_s を測定した。その一例が表-1のようである。有効間隙率 n_e が n より小さいことが認められる。

表-1

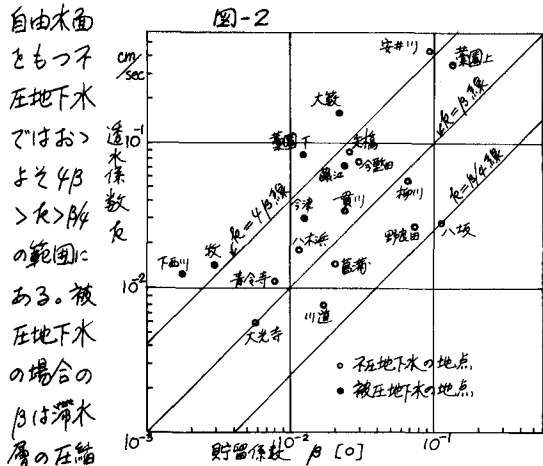
	$D_{10}(\text{mm})$	U_c	n	n_e	n_e/n
細粒土	0.060	13.4	0.298	0.263	0.884
標準砂	0.084	1.10	0.410	0.363	0.886
粗砂	0.450	2.10	0.356	0.234	0.656

しかし U_s の測定は困難なため新しく工夫して測定精度をあげる必要がある。 n_e は透水係数 k など何らかの関係があると思われるが、今後の研究課題としたい。

水理公式集には、有効間隙率を用語がみられるが、その意味は本文で述べている有効間隙率の意であるけれども、そこに一例として引用されている数値は本報告の貯留係数に相当するものであるから混同しないように留意する必要がある。

3. 土の貯留係数 β

揚水試験の解析に用いられている貯留係数は、揚水により地下水位が低下して土中から排水される水量が土全体積に対して占めていた割合という意味である。このため、産水率 (specific yield) とよばれることもある。図-2は琵琶湖周辺で実施された揚水試験から算出された透水性係数と貯留係数の関係をプロットしたものである。



率 k (cm) と層厚 D との積 ($\beta = kD$) であるから内容が異なるけれども、滞水層の貯留係数という物理的意味は同じであるので参考のために併記した。安井川と菟橋上の地点の地盤は礫混じり砂であり、八坂地点は均質な砂地盤、菟橋、川道、大光寺などの地点はシルトや粘土も含んだ砂地盤からなっている。これらのデータで貯留係数が土の空隙率から考えるとかなり小さい値であることが注目される。

この原因を調べるため、種々の実験的検討を行なってきた。貯留係数 β は土中に貯留される水量の土体積に対する割合、あるいは土中から排水される水量の土体積に対する割合であるが、結局のところ含水状態の変化量であるため、土の浸潤過程では土の初期含水比の大小が大きく影響する。図-3はその一例で、初期含水比 w_i の増加につれて β は減少する。含水比 w (%) に対して

$$\beta = (\partial \alpha / \partial w) \cdot w / 100 \quad (4)$$

なる量を体積含水率とよぶと、これは土全体積中に占める水量の体積割合である。 θ を用いると、たとえ飽和時の体積含水率 θ_{sat} は空隙率 n に等しく、 $\theta_{sat} = n$ 。初期の体積含水率 θ_i の土中に浸透水が入って、 θ なる体積含水率になったとすると ($\theta > \theta_i$)、

$$\beta = \theta - \theta_i = (\partial \alpha / \partial w) \cdot (w - w_i) / 100 \quad (5a)$$

$$\text{あるいは} \quad \beta = \int_{\theta_i}^{\theta} d\theta \quad (5b)$$

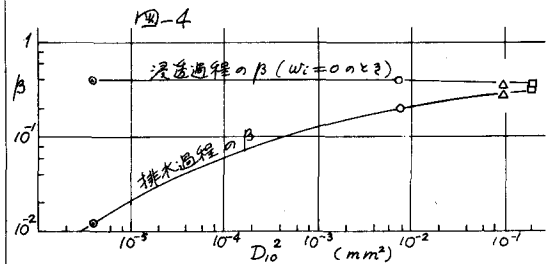
浸透水によって土はつう飽和状態に近づくから式(5)の θ を近似的に θ_{sat} におきかえると

$$\beta = \theta_{sat} - \theta_i$$

$$\therefore \beta + \theta_i = n \quad (6)$$

したがって土中の浸透過程における貯留係数 β の第一近似は式(6)より n から θ_i を差し引いたものとみさせる。

一方、排水過程の貯留係数を図-4に示した。これは高



さ 82.5 cm の鉛直土柱をほぼ飽和させた後、上下両端を大気圧下に放置したときの排水量から求めたものである。その際の土柱の含水比分布の測定値が図-5である。排水過程の貯留係数は土の種類によってかわり、その相違は図-5で重力排水後の含水比の分布と近い状態のまゝになっている部分の高さの違いに起因し、これが毛管上昇高さに匹敵している。不飽和土の含水比はそこに生じている圧力状態と関係し、 $w \sim p$ あるいは $\theta \sim h_p$ (h_p : 圧力水頭) の関係がある。比水分容量 c (cm³) を用いると、近似的に

$$d\theta = c dh_p \quad \therefore \beta = \left| \int_{h_{p_i}}^{h_{p_f}} c dh_p \right| \quad (7)$$

となるから、 β の第2近似は土の水分保持特性 ($w \sim p$ あるいは $\theta \sim h_p$ 関係) を式(7)に用いて決められる。第1近似式(6)は浸透過程にだけ、第2近似、式(7)はいずれの過程にでも注意して適用できる。

図-3

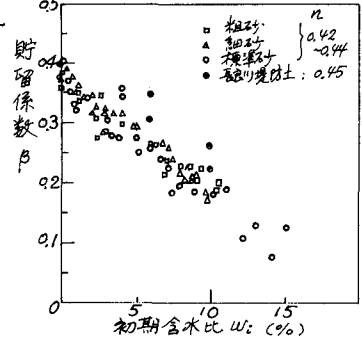


図-4

図-5

