

# 非定常浸透流における土の有効間げき率の評価について

京都大学工学部 正員 宇野尚雄  
 京都大学大学院 学生員 山内勇喜男

## 1. まえがき

非定常浸透流における連続の式に入ってくる土の間げき率は全間げきのうち浸透水に有効な部分という意味で有効間げき率を用いるべきであることは周知の通りであるが、筆者は揚水試験により算定される有効間げき率 $\beta$ の値が極めて小さく $10^{-3}$ オーダーもしくはそれより小さくなることをさきに報告した<sup>1)</sup>。水理公式集に掲載されている値は、土の全間げき率から10~20%引いた10~30%(土の種類により変る)が妥当としている。揚水試験からえらる値が極端に小さい原因は明らかでないが、実際に非定常浸透による地下水位変動などを計算する際には、この有効間げき率の評価が必要である<sup>2)</sup>。この基本量の評価について若干の実験的考察結果を述べ、今後この種の合理的決定方法追求の一助としたいと考える。

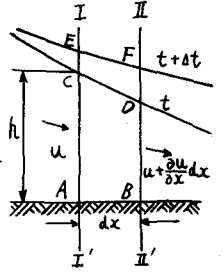


図-1

## 2. 有効間げき率の意義

非定常浸透流の運動の式としてはダルシーの法則( $u = -k \frac{\partial h}{\partial x}$ )を用い、連続の式としては図-1のような準一次元流について、時刻 $t$ における水面 $CD$ が時刻 $t+dt$ には $EF$ まで上昇するとき $CA$ 面からの流入量と $BD$ 面からの流出量の差が $CDEF$ の上昇になると考え

$$\beta \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (hu) = 0 \quad (1)$$

とする。したがって基本式は

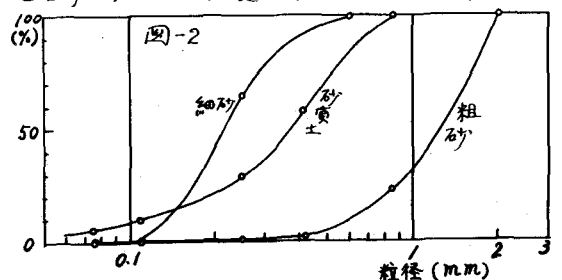
$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{k}{\beta} \frac{\partial}{\partial x} \left( h \frac{\partial h}{\partial x} \right) \quad (2)$$

このとき $\beta$ の意味は $CDEF$ の部分に水が貯え得る間げきの割合であるから、浸水した土の間げき水部分から初期の間げき水部分と差し引いたものである。したがって同一土試料なら、自然地下水面附近の土のように初期含水量が大きいところでは $\beta$ は極めて小さくなると考えられる。

## 3. 実験的考察

$k$ や $\beta$ は非定常浸透流の基本式に $k/\beta$ という比のみで現われる。筆者はすでに準一次元非定常浸透流における $k/\beta$ と細砂(豊浦標準砂)について $20 \text{ cm}^2/\text{sec}$ 、(定常時の透水係数 $k_s = 2.38 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{sec}$ )、粗砂(図-2参照)については $2 \sim 5 \text{ cm}^2/\text{sec}$ (このとき $k_s = 3.21 \times 10^{-1} \text{ cm}^2/\text{sec}$ )と求めた<sup>2)</sup>。そのときの水位変動中は毛管帯を越える程度でその附近の初期含水量

| 表-1                             |      | 細砂                            | 粗砂                    |
|---------------------------------|------|-------------------------------|-----------------------|
| $d_{10} \text{ (mm)}$           |      | 0.134                         | 0.80                  |
| $k$<br>$\text{cm}^2/\text{sec}$ | 定常時  | $3.21 \times 10^{-2}$         | $3.28 \times 10^{-1}$ |
|                                 | 非定常時 | $1.7 \sim 2.7 \times 10^{-2}$ | $1.80 \times 10^{-1}$ |
| $\beta$                         | 定常時  | 0.15                          | 0.21                  |
|                                 | 非定常時 | 0.0023~0.0069                 | 0.09                  |
| $k/\beta$                       |      | 7.5                           | 2.0                   |



$w_0$ は高く20%程度であった。また別に高く50cmのタンク内に同じ試料土を用いた鉛直浸透実験を行ない表1のような値を得ている<sup>2)</sup>。また一方現地揚水試験から $\beta=1.04 \times 10^{-3}$ なる測定値を得ている。これらの測定値と比較すると、土の種類による差異は認めらるにしても、 $\beta$ が1~2オーダーと異なる点は理解に難い。この点について検討するに、筆者はLambeが考案した水平毛管現象試験器を用いて、細砂、砂質土の常数と初期含水量と変えて測定し、図-3を得た。 $k/\beta$ は浸透過程におけるものであり、 $\beta e$ とは試料全体が浸透したときの含水率(=飽和含水率/全含水率)と初期含水率の差であり、 $k_s$ は同じく浸透完了後定常と定常とときの透水係数である。この図で $\beta e \sim k/\beta$ 関係から $\beta e$ と $k/\beta$ とは特定の相関関係がみられず、 $k_s \sim k/\beta$ 関係には $k_s$ の増大につれ $k/\beta$ も増大する傾向がみられる。図-4の $w_0$ と $\beta e/n$ の関係では $w_0$ の増大と共に $\beta e$ は減少している。これは $\beta$ の定義から十分説明される。図-5は $k/\beta$ 値が $k_s/\beta e$ ( $k_s, \beta e$ は別に求めて比をとる)よりほぼ1オーダー小さいことを示している。 $\beta \leq \beta e$ であるが、 $\beta \approx \beta e$ と考えると $k$ は $k_s$ より1オーダー小さいといえる。このことは周知の比透水係数と飽和度の関係から納得できる。

以上総合して、少ない資料ながら傾向だけを述べると、 $k/\beta$ の値は $\beta e$ (または $w_0$ )と相関性をもたないが、 $k_s$ の増加に伴って増大する。 $\beta e$ は $w_0$ の増大につれ減少する。 $k/\beta$ の値は $k_s/\beta e$ の値より1オーダー小さいので、非定常時の $k/\beta$ の大小その推定に参考になる。 $\beta$ が非常に小さい値を示すのは、図-4に示したような関係があるためで、厚地盤のように $w_0$ の高いところでは $10^{-2} \sim 10^{-3}$ の値となると考えられる。

1) 赤井・宇野：自由水面をもつ地下水の揚水試験に対する考察、土と基礎、Vol. 77

2) 赤井・宇野：土壌内の非定常浸透問題に対する一考察、环境工学講演概要(1980)

3) 山内：京都大学卒業論文、京大工学部、1944号(1965)

図中の記号.....○砂質土 ○細砂

