

■-37 土堤内非定常浸透問題に対する一寄與

京都大学工学部 正員 赤井 浩一

同 同 〇 宇 野 尚 雄

1. 概説 熱伝導理論を非定常浸透現象に適用し、土堤内の浸透水による水頭変化と求め、新たに実施した短形砂モデルの実験により検証した。土堤が透水性あるいは不透水性基礎上のいずれにあるかにより、浸透水流の性状は著しく異なってくる。この研究ではとくにこの点に重点を置き、透水層の厚さの大小によって浸透水流がいかなる様相と示すかについて述べる。

2. 理論的考察 水頭変化 h は初期水面から測り(他記号は図-1参照)、堤体内の鉛直面では同一(近似的に一次元流)であるとし、また k (透水係数)と β (有効角がり率)は一定と仮定すると、基礎式は

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{k}{\beta} \left[H_0 \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + h \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right)^2 \right] \quad (1)$$

厚い透水性基礎上の浸透($H_0 \gg h$)では

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{kH_0}{\beta} \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} \quad (2)$$

不透水性基礎上の浸透($H_0=0$)のときは、

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{k}{2\beta} \frac{\partial^2 h^2}{\partial x^2} \quad (3)$$

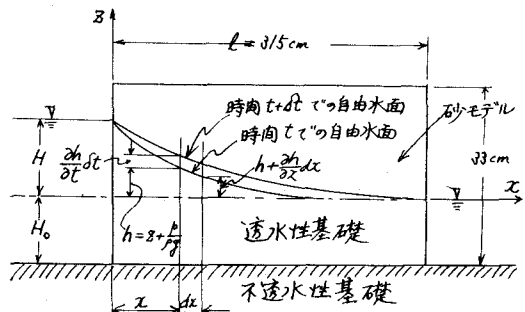


図-1 砂モデル

式(2)は熱伝導理論により解かれ、初期および境界条件

$$h(x, 0) = 0, \quad h(0, t) = H \quad (t > 0), \quad h(L, t) = 0 \quad (t > 0, L: \text{堤体の中}) \quad (4)$$

で解くと、
$$\frac{h(x, t)}{H} = \sum_{n=0}^{\infty} \left[\operatorname{erfc} \left\{ \frac{2n+1/2}{2\sqrt{T}} \right\} - \operatorname{erfc} \left\{ \frac{2n+1-1/2}{2\sqrt{T}} \right\} \right], \quad \left(T = \frac{kH_0 t}{\beta L^2}, \operatorname{erfc}(\lambda) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_{\lambda}^{\infty} e^{-\xi^2} d\xi \right) \quad (5)$$

式(1)と式(3)は容易に解けないが、差分法により数値計算することができ。

$$h_{0,t} = h_0 + \Delta t [h_1^2 + h_{-1}^2 - 2h_0^2], \quad \Delta t = (k/2\beta) \frac{\Delta t}{(\Delta x)^2}, \quad z = \sum \Delta z \quad (6)$$

による計算例が、図-3の実験Ⅱの場合について求められている。式(1)の解も同様に求めてられるが、これは式(5)と式(6)の中間型のものであることを述べ、ここでは省く。

3. 実験的考察・結論 砂モデルを鋼製水路内につくり、底面または底面上15 cmの高さの点にビニールパイプを導き、その点の水圧と非接着型抵抗歪計を用いたマンメーターを通して、電子管式自動記録計(24測点用)に記録した。使用した砂は有効全0.8 mm、均等係数2、角がり率0.68である。実験Ⅰ($H_0=20$ cm, $H=10$ cm)、実験Ⅱ($H_0=0$, $H=20$ cm)の各結果を図-2、図-3に示す。各図の(b)の曲線は上述2.の理論値である。実験Ⅱは外水位変化として急変するハイドログラフが不可能で10秒程度の遅れがあるため、それに合う修正値と示した。これらの実験の初期における砂モデル内の含水比は図-4に示す。以上から次の結論がえられた。

(1) 不透水性基礎上の浸透は自由水面のフロントが徐々に前進してゆくが、透水性基礎上の浸透は全域にわたり自由水面の上昇が早期に起き、熱伝導型の変化を示し、式(5)はよく実

験値と合う。実験結果が理論的に予想されるよりもよく合致したのは、毛細管帯の影響が実在の H_0 より大きい値をとるようによくなることによるものと考えられる。(2) 差分法による計算値もかなりよく合致した。一方、流れが完全に(被圧)水チ一次元流と考えられる場合の式

$$\frac{h(x, t)}{H} = 1 - \sqrt{\frac{\beta}{2kH}} \frac{x}{\sqrt{t}} \quad (7)$$

によって実験Ⅱを整理すると、図-5のように良好な結果がえられた。(3) (1)に述べた傾向は透水性基礎上の木津川堤防にもみられたが、ここに裏付けと得ることになる。浸透現象が式(1)で表わされるとすると、浸透における相似律は $\left[\frac{(k/\beta)}{(k/\beta)}\right] \frac{T_p}{T_m} = \frac{L_p}{L_m}$ で表わされる。

(参考文献)* 赤井・稲田; 淀川堤防のろう水調査, 土木学会誌, Vol. 48, No. 5, pp. 64~70 (1963).

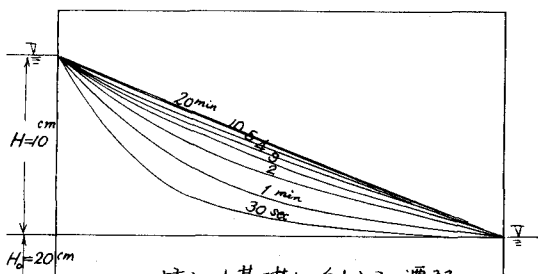


図-2(a) 透水性基礎上の自由水面の遷移

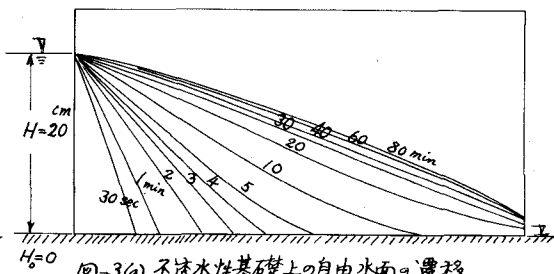


図-3(a) 不透水性基礎上の自由水面の遷移

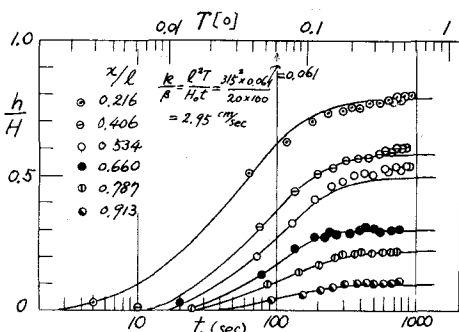


図-2(b) 透水性基礎上の $\frac{h}{H}$ と $\log t$ の関係

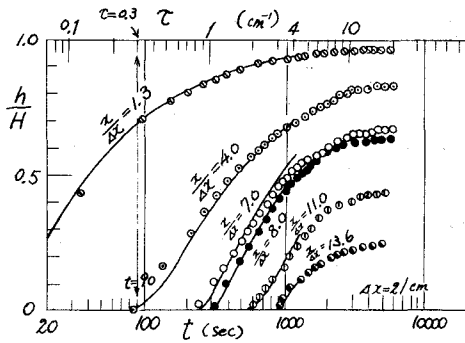


図-3(b) 不透水性基礎上の $\frac{h}{H}$ と $\log t$ の関係

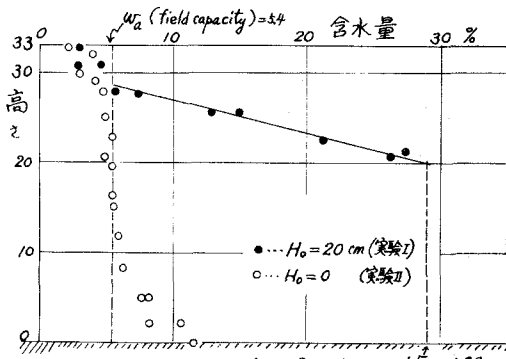


図-4 砂モデル内の含水量分布

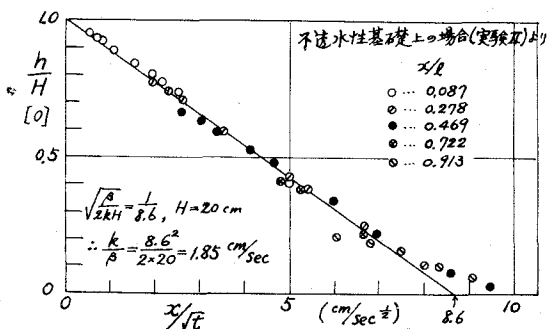


図-5 $\frac{h}{H}$ と $\frac{x}{\sqrt{t}}$ の関係