

岐阜大学工学部 正員 ○ 宇野 尚 雄

岐阜県道路建設課 正員 竹 山 博

愛知県臨海開発課 正員 寺 沢 英 和

河川堤防内の非定常浸透流の研究は多い。内田⁽¹⁾(1952)は図式解法などによりおもに直立堤体に外水位が急上昇するときを、矢野・山本⁽²⁾(1957)は外水位の上昇期と下降期に関する問題点を検討している。

Vladimirescu⁽³⁾(1961)らは透水性基礎上の盛土に対しては第1近似法、不透水性基礎上の盛土に対しては第2近似法がよいかをいって述べている。第1近似法と第2近似法は次のようなものである。すなわち、非定常浸透流を準一次元的に解析する基礎方程式は次式で与えられる。

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

第1近似法は $H_0 + h = \bar{H}$ と平均水頭とし、第2項を無視して、 $\frac{\partial h}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 h}{\partial x^2}$, $\alpha = \frac{k}{\beta} \bar{H}$. (2)

第2近似法は $(H_0 + h)^2 = u$ とおいて、式(1)を変換して $\frac{\partial u}{\partial t} = \alpha' \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$, $\alpha' = \frac{k}{\beta} \bar{H}$. (3)

このように表わすと、 $x=0$ における境界の水頭変化 H^* による半無限一次元浸透による水頭変化は

$$\text{式(2)に対して } h/H^* = \text{Erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}\right) \quad (4), \quad \text{式(3)に対して } h/H^* = \sqrt{\text{Erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{\alpha' t}}\right)} \quad (5)$$

で表わされる。筆者の一人(1966)は直立堤体に外水位が急変化する場合に、透水性基礎上の浸透では、第1近似法がよい精度を有し、重ね合わせの原理適用の可能性をも報告した。本文は梯形堤体に対して、外水位が一定速度で上昇の後ある水位で一定に保たれるとき不透水性基礎上の堤内浸透、および透水性基礎上の堤内浸透について、若干の検討をしたものである。

Brahma(1962)⁽⁴⁾らは不透水面上の無限積土中への非定常浸透の基本式を

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{k\bar{h}}{\beta} \left\{ \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} \right\} \quad (6)$$

で表わして、これを極座標に変換して $\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{k\bar{h}}{\beta} \left(\frac{\partial^2 h}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial h}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 h}{\partial \theta^2} \right) \quad (7)$

として、外水位が一定速度上昇のとき、およびStep変化のときの解を求め、結果を計算図表として提示している。この方法による計算自由水面は不透水面近傍で観測値とはかなりずれる。図-1はその一例である。計算においては実験値と合致するように流通係数 k/β を決めた。外水位上昇速度 u_0 が大きいほど k/β は大きく $0.016 \sim 0.055 \text{ cm}^2/\text{sec}$ の間にあり、水頭変化に伴う k/β の変化が予想より興味深い。⁽⁵⁾しかし、水毛管透水試験によると $k/\beta = 0.03 \sim 0.05 \text{ cm}^2/\text{sec}$ となるから、ほぼ妥当な値といえよう。さて不透水面近傍のずれは大きいので、不透水面上の浸透距離 x_f と時間 t との関係は純粋一次元非定常浸透に現われるパラメータを参考に実験値の整理を行なったところ(図-3参照)、

$$x_f/u_0 t = \cot \alpha + A \exp \left\{ -\frac{2.30 a u_0}{(k/\beta)} \right\} \quad (8)$$

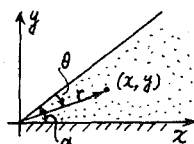
なる関係も認められたので、式(8)によって x_f を計算して、この点とときに合わせた計算水面の $\theta \leq (0.6 \sim 0.7)\alpha$ の部分となめらかに結んで修正自由水面とした。

透水性基礎上の堤体内非定常浸透は、外水位が $f(t) = u_0 t$ で上昇するとき式(4)に対して、直立堤体のとき

$$\frac{h}{u_0 t} = (1 + 2\lambda^2) \text{Erfc}(\lambda) - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \lambda e^{-\lambda^2}, \quad \lambda = \frac{x}{2\sqrt{\alpha t}} \quad (9)$$

が導かれ、有限長さの境界で $h(l, t) = 0$ とする解は次式で与えられる。

図-1



$$\frac{h(x,t)}{u_0 t} = \sum_{n=0}^{\infty} \left[(1+2\zeta^n) \text{Erfc}(\xi) - (1+2\eta^n) \text{Erfc}(\eta) - \frac{2}{\sqrt{\pi}} (\xi e^{-\xi^2} - \eta e^{-\eta^2}) \right], \quad \xi = \frac{2n+1/2}{2\sqrt{T}}, \quad \eta = \frac{2(nH)-1/2}{2\sqrt{T}}, \quad T = \frac{u_0 t}{l^2} \quad (10)$$

一方、実験(図-4)によると(実験は透水層厚15cmに対して堤高20cmであるが)、梯形堤体の裏法先の浸出面の高さは、長時間経過後の定常時にはほぼ $H_1 \cdot \frac{H_1 \cot \alpha / 2}{l_0 + H_1 \cot \alpha}$ で近似され、堤体中央部から裏法側の水頭変化は(距離 x における水頭を求めると)、計算上では式(10)の x を $x - \frac{u_0 t \cot \alpha}{2}$ にすると妥当な水頭が近似計算され、と推論される。

本文に述べた実験は幅20cm、長さ150cmの木槽内につくった砂質堤体 ($D_{10}=0.12\text{mm}$, $U_s=1.145\text{g/cm}^3$, 初期含水比14.3%)を対象にした。

[文献] 1) 内田: 土木学会誌, Vol.37, No.3, pp.58-62 (1952). 2) 矢野・山本: 防災研究所年報, No.1, pp.12-15 (1957). 3) Vladimirescu & Lates: IAHR 9th Convention, II-36 (1961). 4) 赤井・宇野: 土木学会論文集, No.127, pp.14-22 (1966). 5) Brahma & Harr: Geotech., Vol.12, No.3, pp.14-22 (1962). 6) 宇野・奥村・林: 第3回土質工学研究発表会発表論文集, I-46, pp.245-250 (1968)

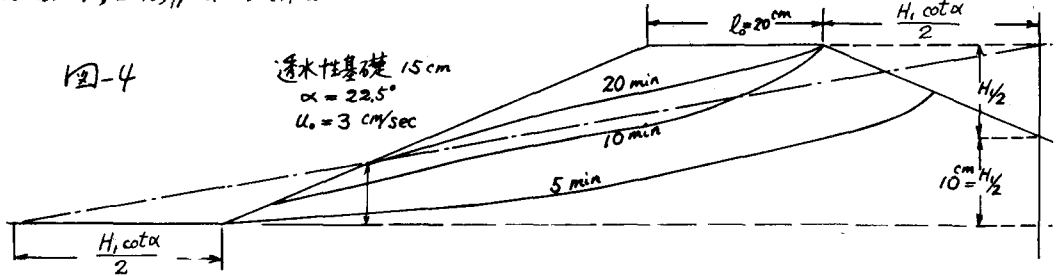
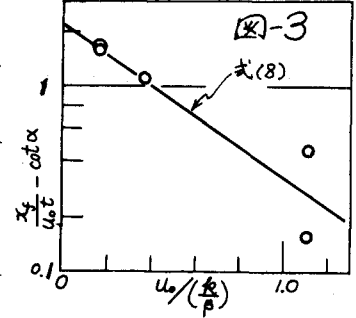


図-2(a) $U_0 = 0.5 \text{ cm/sec}$

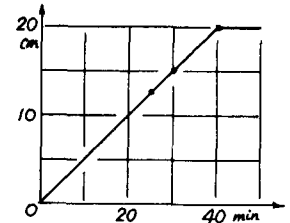
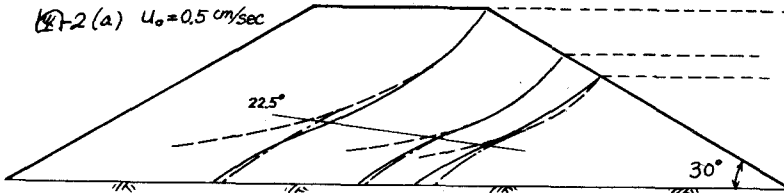


図-2(b) $U_0 = 1 \text{ cm/sec}$

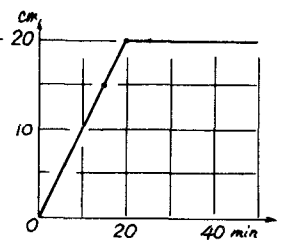
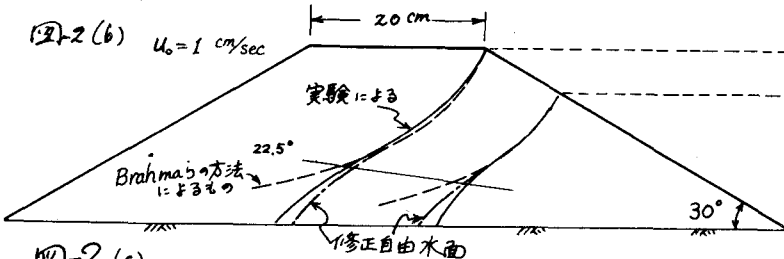


図-2(c) $U_0 = 3 \text{ cm/sec}$

