

九州産業大学 正会員 崎山 正 常
九州産業大学 正会員 ○ 細川 土佐男
J. C. E. 正会員 田 中 英 彦

1. まえがき 堤体内の2次元非定常浸透流については、古くより研究され、多くの成果が発表されている。しかし、これらは準一様流の仮定が前提にあっており、また、筆者らには、その取り扱いが困難であったりするものが多い。そこで筆者らは、断面2次元の基礎方程式を用い、その取扱いはできるだけ平易にして、貯水水位の時間的変動に伴う長方形堤体内の非定常現象を解析し、その結果をHele-Shawモデルで検討し、ほぼ満足できる結果を得たのでここに発表させてもらうことにした。なお、本手法をさらに進めて、一般の台形フィルダムなどへ適用してみたいと考えている。

2. 基礎方程式 断面2次元非定常浸透流の基礎方程式は、通常の記号を用いて、

$$\frac{1}{\lambda g} \frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{\partial h}{\partial x} - \frac{u}{R_x} \dots (1)$$

$$\frac{1}{\lambda g} \frac{\partial v}{\partial t} = -\frac{\partial h}{\partial y} - \frac{v}{R_y} \dots (2)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = -\alpha \frac{\partial h}{\partial t} \dots (3)$$

ここに、 $\alpha = \rho g \lambda \left(\beta_w + \frac{\beta_s}{\lambda} \right) \dots (4)$

なお、式(1)、(2)は運動方程式、式(3)は連続の式であり、 α は砂層の空隙率 λ 、水の圧縮率 β_w 、砂の圧縮率 β_s 、水の単位重量 ρg により式(4)の形で表わされ、通常 $10^{-4} \sim 10^{-7} (cm^{-1})$ 程度の値をとるといわれている²⁾。

解析に当っては、上記の基礎方程式に

$$\begin{aligned} X &= x/D, Y = y/D, H = h/D, U = u/R_x, \\ V &= v/R_x, T = R_x t/D, K = R_y/R_x \dots (5) \end{aligned}$$

を適用し、結果を整理した。

3. 初期および境界条件の設定と解析方針

3.1 貯水位上昇過程 図-1に示すように最初に $B_1 C_1 A$ の領域を設定し、この領域を図示の境界条件のもとに解析して、浸潤線 $B_1 C_2$ を求め、次に $B_2 C_2$ 線を推定し、 $B_2 C_2 A$ 領域を解析する。以下同様の解析を進めて刻々の浸潤線を求めてゆく。

3.2 貯水位一定状態 図-1に示すように、上昇過程の最終状態 $BC_4 A$ 領域を図示の境界条件のもとに解析して $BC_5 A$ 領域を求め、以下同様にして定常状態の $BEFA$ 領域を求め、

3.3 貯水位下降過程 図-2に示すように、定常状態の貯水位を ΔH だけ下げた $BEFA$ 領域を解析し、

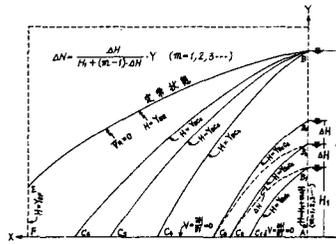


図-1 非定常過程説明図

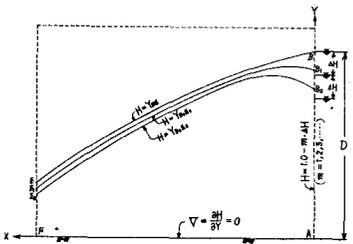


図-2 非定常過程説明図

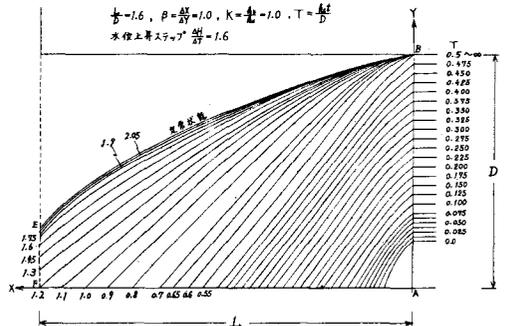


図-3 水位上昇過程、一定状態の自由境界の変動

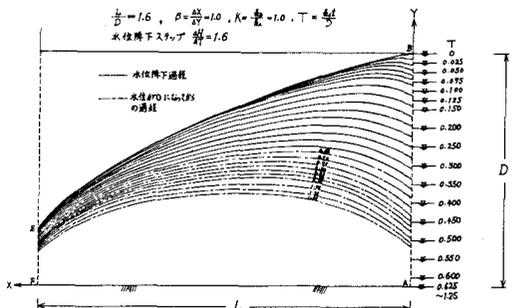


図-4 水位下降過程の自由境界の変動

BI, FA 領域を求め、以下同様の解析を進めて、刻々の浸潤線を求めてゆく。

4. 解析結果 上記の3つの過程について解析を行い、その時の浸潤線の模様を図-3および図-4に例示している。次に、水位上昇過程から一定状態が定常状態に達するまでの算定流量の変化を図-5に例示している。下降過程においては、図-6のような状態から図-7のような状態に変わり、この間の算定流量の変化は図-8に例示したようなものとなる。

4. Hele-Shawモデルによる実験

図-3および図-4の例について Hele-Shawモデルにより実験を行った。それぞれの実験の様様を写真-1~3に示している。また、図-11には自由境界の変動について解析と実験との比較を行っている。これらの結果から、水位上昇過程、一定状態および下降過程において浸潤線の変化はよく一致していると云える。また、流量についても、図-5および図-8に示しているように、理論値と実測値とがほとんど一致している。

5. 内田の解との比較 貯水位を瞬間的に上昇させ、その後一定に保つ場合については、内田が準一様流の仮定のもとに解析している¹⁾。そこで筆者らもこのような場合に、3・2に述べた手法を近うけて別途解析してみたところ、図-9および図-10のような結果を得た。おなわち準一様流の仮定を用いても、時間が経過すれば、必然的に式(1)~(4)を用いた結果によく一致する。

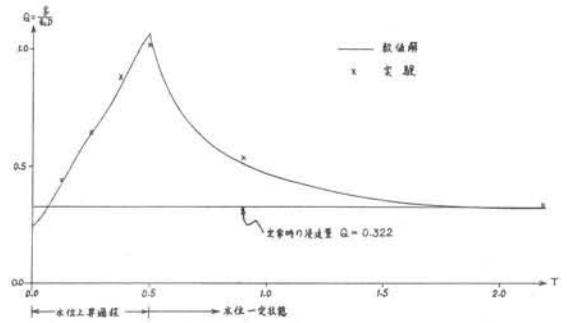


図-5 水位上昇過程、一定状態における流量の時間的变化

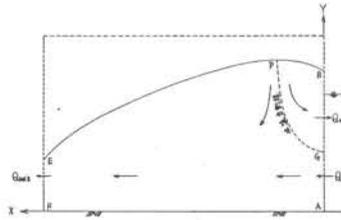


図-6 水位下降の場合の現象説明図

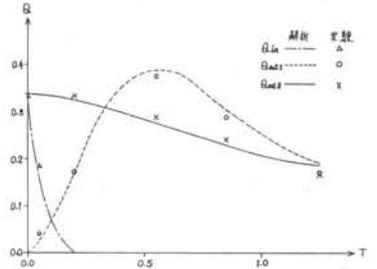


図-8 水位下降過程における流量の時間的变化

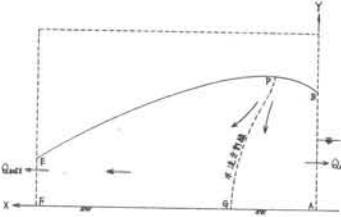


図-7 水位下降の場合の現象説明図

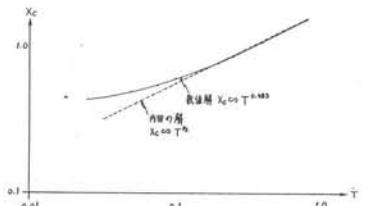


図-9 X_c とTの関係

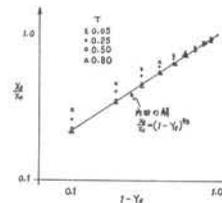


図-10 X_f/X_c と Y_f の関係

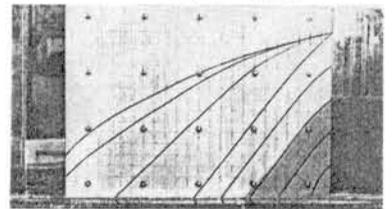


写真-1 水位上昇過程

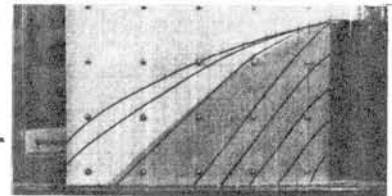


写真-2 水位一定状態

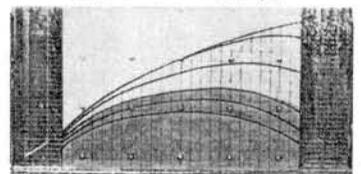


写真-3 水位下降過程

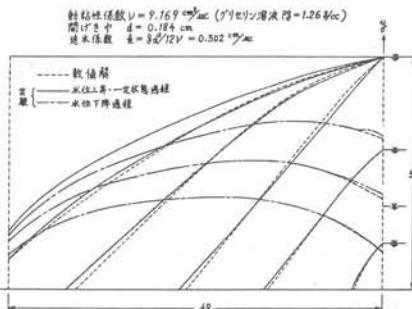


図-11 自由境界面変動の解析結果と実験結果の比較

参考文献

- 1) 内田茂男, 自由境界を有する非定常浸透流について, 土木学会誌, 第37-2号, P.P.10~14, 昭和29年2月。
- 2) 椿東一郎, 水理学II, P.254, 昭和55年8月。