

II-82

完全貫入遮水壁を通過する淡塩境界面の非定常解析(第2報)

宮崎大学 正会員 杉尾 哲
東和大学 正会員 中田 欣也

1. まえがき

近年、離島などにおける水資源確保の有効な手段として、地下水を貯留しておくための地下ダム(地下遮水壁)が盛んに計画、施工されるようになった。しかし、グラウト遮水壁で地下水を貯留する場合に、遮水壁がわずかにあるが浸透性をもっているため、不透水性基盤の深い所では地下貯留水の塩水化に対する防止効果について検討する必要がある。そこで、本報では準一様流の仮定を用いる解析手法と遮水壁を含む浸透層内の淡塩境界面移動の非定常解析に適用し、海水が淡水領域に侵入していく過程について計算値と遮水壁をモルタルで作製して行なった実験結果と比較することによって検討した。

2. 基礎方程式

図-1の領域において、淡水密度を ρ_f 、塩水密度を ρ_s 、有効空ゲキ率を n 、透水係数を K 、不透水性基盤高を Z とすれば、非定常解析の基礎方程式は次のようである。

(淡水領域)

$$n \frac{\partial h_f}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[K(h_f - Z) \frac{\partial h_f}{\partial x} \right] \quad \text{----- (1)}$$

(淡塩水領域)

$$n \frac{\partial h_f}{\partial t} - n \frac{\partial h_s}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[K(h_f - h_s) \frac{\partial h_f}{\partial x} \right] \quad \text{----- (2)}$$

$$n \frac{\partial h_s}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[K(h_s - Z) \left(\frac{\rho_f}{\rho_s} \frac{\partial h_f}{\partial x} + \frac{\rho_s - \rho_f}{\rho_s} \frac{\partial h_s}{\partial x} \right) \right] \quad \text{----- (3)}$$

ここに、数値計算は式(1),(2),(3)を差分化して、陽解法で行った。

解の安定条件は、 $\Delta t \leq \frac{1}{2} \cdot \frac{n}{K} \cdot \frac{(\Delta x)^2}{(h_f)_{\max}} \quad \text{----- (4)}$ とした。

3. 実験装置、実験方法および各種諸量の数値

実験装置は図-2に示すように、左右にヘッドタンクを取り付けた透明塩化ビニール製の幅10cm、長さ140cm、高さ45cmの長方形水槽である。その中に、金網で仕切りを設けて長さ120cmの浸透層をつくり、

さらに海側境界より40cm~45cmの区間にモルタルで作製した遮水壁を設けた。遮水壁は、ろ過砂($d_{50}=0.6\text{mm}$)を重量比1:10でセメントと混合し、水セメント比を70%でつくった。その他の遮水壁上下流の浸透層は、ろ過砂($d=0.6\text{mm}$ 、空ゲキ率=43%)を詰めることによって実験を行った。透水係数の測定は、遮水壁部分にモルタルを詰めた状態および上下流部にろ過砂を詰めた状態などで淡水のみを流して流量を測定することによって行った。その結果、遮水壁の透水係数 $K'=0.005\text{cm/s}$ 、遮水壁上下流浸透層の透水係数 $K=0.38\text{cm/s}$ と決定した。また、有効空ゲキ率は遮水壁 $n=0.35$ 、上下流浸透層 $n=0.4$ とした。次に本実験に用いた液体の密度は $\rho_s=1.03$ 、 $\rho_f=1.002$ であった。実験方法は、最初に定常状態の淡塩境界面が遮水壁の下流(海側)に形成されるように両端水位を調節して淡塩境界面を形成させておき、淡水側水位を急激に下げ遮水壁を通過していく過程の淡塩境界面の動きを時間的に追跡した。海水は過マンガン酸カリウムで着色した食塩水を用い、淡塩境界面が侵入していく過程を実験時に写真撮影しておき、実験後に写真から読み取って整理した。さらに数値計算において、時間 Δt は安定条件式(4)に $\Delta x=5\text{cm}$ 、 $K=0.38\text{cm/s}$ 、 $n=0.4$ を代入して $\Delta t=2\text{sec}$ と決定した。その他、淡塩境界面の先端部分の計算は直線

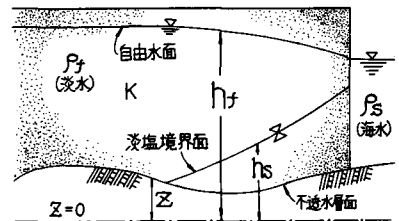


図-1. 記号

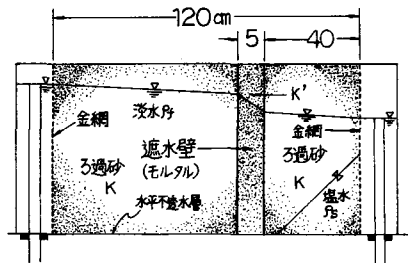


図-2. 解析領域と実験装置

外挿して行なうなどの処理方法は全て従来のものと同様である。

4. 実験値と計算値の比較検討

図-3は淡塩境界面の侵入過程について、実験値と計算値を比較して示した図であり、初期淡水位を38.14 cm、海水位を31.10 cmに設定して、2時間程度待つて定常状態の淡塩境界面(図中の0分)を形成させておき、急激に淡水位を31.16 cm

に下げた場合の結果である。計算における初期値は、実験値を与えて行った。これより、遮水壁到達前の10分における淡塩境界面についてみると、実験値の方が計算値よりもいくぶん高くなっており、先端における差が大きいようである。また、20分の淡塩境界面については、10分ほどではないが実験値の方が少々高くなっている。この傾向は、45分以降の各時間においても見られる傾向であり、これらの点から遮水壁下流側浸透層における透水係数を若干小さく、有効空ゲキ率を若干大きく測定したとも考えられる。次に45分、60分の遮水壁内部における淡塩境界面については、写真-2からわかるように遮水壁の均一性が若干そこなわれていたようで、淡塩境界面に小さな凹凸が見られる。このような問題点も若干あったが、遮水壁内部で淡塩境界面が大きく傾斜するという傾向は、実験値、計算値とも比較的良好一致しており、60分まではほぼ現象を表現していると言えよう。次に90分、150分における淡塩境界面については、遮水壁下流側における境界面の高さの違いが大きい。これは透水係数、有効空ゲキ率にもよるが、写真-3,4からもわかるように淡水の流れがゆるやかになり上方へ拡散したために、識別した淡塩境界面の位置より計算値が下に位置するようになったと考える。また、遮水壁内部における境界面の形状について、実験値は曲線形状を示しており、計算値とよく一致しているとは言えない。さらに、遮水壁を通過した後の淡塩境界面は形状先端位置ともかなりの違いが生じている。これについては、遮水壁上流側境界の計算における外挿方法、あるいは透水係数や有効空ゲキ率、あるいは遮水壁の若干の不均一性によるものかと考えられ、今後さらに実験精度を向上させて検討していきたいと考える。

5. あとがき

遮水壁をモルタルで作製して実験を行ない淡塩境界面の侵入過程について述べたが、遮水壁の均一性の問題など日々検討しなければいけない事が残ったので、さらに綿密な検討を重ねていきたいと思う。

参考文献 1)中田・杉尾・泊:完全貫入遮水壁を通過する淡塩境界面の非定常解析,第38回年講,工-17,昭和58年9月。

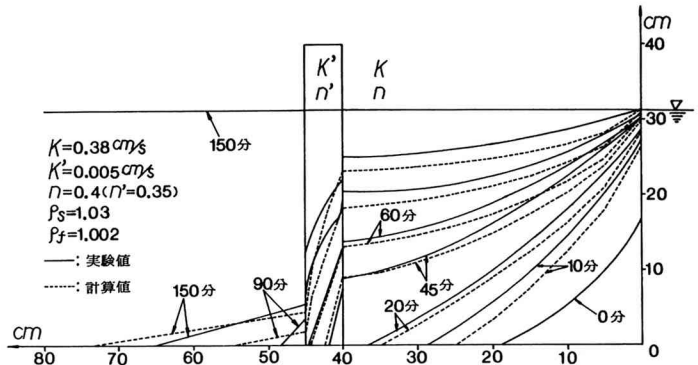


図-3.実験値と計算値の比較

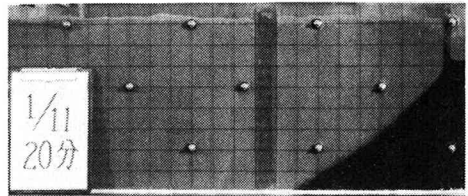


写真-1. 20分

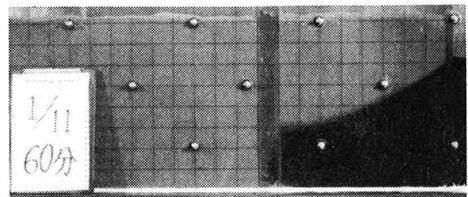


写真-2. 60分

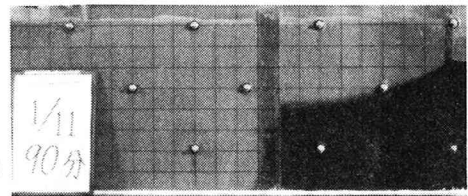


写真-3. 90分

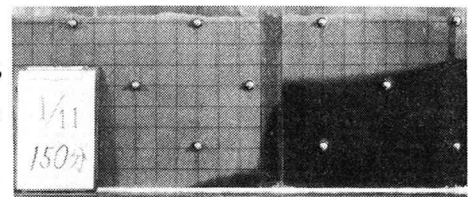


写真-4. 150分