

グラウト壁を通る淡塩境界面の非定常解析

九州産業大学 正会員 杉尾 哲
東和大学 同 ○中田 欣也
九州産業大学 同 白地 哲也

1. まえがき

近年、水資源の確保の観点から地下水を貯留しておくための地下ダムが盛んに計画されるようになった。これは従来のような山間部における貯水池に比べて、巨大な構造物を必要としないなどの点が評価されたものであるが、反面、海岸付近においては海が近いために地下水の塩水化の問題が必ずと言ってよいほど生じる。したがって地下ダム(遮水壁)を通る地下塩水楔の挙動を解明することは、地下ダムの計画上重要な課題である。

そこで本報はグラウト遮水壁を設けた不圧浸透層について、淡水水位が急降下した場合の塩水楔の侵入過程を表現する数値解析手法を開発するために、Hele-Shaw Modelによる実験を行ない解析結果と比較検討したものである。

2. 基礎方程式

基礎式は従来の均質地盤の場合に用いたものと同じであるが、実験のモデルで遮水壁部分の透水係数を浸透地盤のそれと変えるために、平板間隔を変えているために、興行き(モデルの間隔)を w とすれば、図-1のような慣用記号を用いると、非定常解析の基礎方程式は次のようである。

(淡水領域)

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

(淡塩水領域)

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

$$n \frac{\partial h_s}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[Kxb(h_s - z) \left(\frac{P_f}{P_s} \frac{\partial h_f}{\partial x} + \frac{P_s - P_f}{P_s} \frac{\partial h_s}{\partial x} \right) \right] \quad \text{-----}(3)$$

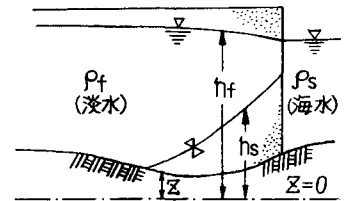


図-1 解析領域

3. 数値解析について

数値解析は式(1),(2),(3)が非線形であることから差分法によることとし、陽解法を用いた。一般に遮水壁部分の厚さは差分間隔に比べて小さいから、遮水壁の厚さを透水係数で換算して計算することとした。いま、 $k_1(\partial h/\partial x) = k_2\{\partial h/\partial(k_2/k_1 x)\} = k_2(\partial h/\partial x)$ とおくと、 $X = (k_2/k_1)x$ と変換することによって k_1 の透水体を k_2 の透水体として計算できるから、 k_2 を適当に選ぶことによって、遮水壁を細分割でき、しかもその差分間隔を浸透地盤と同じにとって計算できることになる。この場合、遮水壁部分の計算では例えば式-(1)の右辺は $\frac{k_2}{k_1} \frac{\partial}{\partial X} [k_2 b(h_f - z) \frac{\partial h_f}{\partial X}]$ と書きかえて用いることになる。なおその他の、例えば塩水楔の先端部分の計算は直線外挿して行なうなどの処理方法は全て従来のものと同じものを用いている。

4. 実験装置ならびに実験方法

実験装置は図-2に示すような塩化ビニール張り製の幅2.49mmのHele-Shaw Modelを用いた。液体はC.M.C.の水溶液で、海水は砂糖を混入して密度差をつけて過マンガン酸カリウムで着色して使用した。それらの液体の密度は $\rho_s = 1.0375$, $\rho_f = 1.0095$ であった。また、遮水壁部分には、図-3にその概略を示すように、厚さ1mmの塩化ビニール板2枚を中間に厚さ0.5mmのワッシャーをがませて重ね合わせたものを用いた。実験は、最初に定常状態の塩水楔が遮水壁の海側に形成されるように両端水位を調節して塩水楔を形成

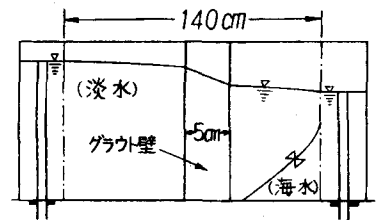


図-2 実験装置

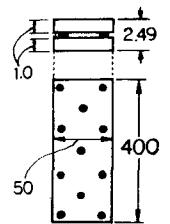


図-3 グラウト壁

させておき、淡水側水位を急激に下げて遮水壁を通過してくる塩水楔の動きを時間的に追跡した。なお塩水楔の形状は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。

5. 実験値と解析値の比較検討

図-4に実験

値と解析値を比

較して示してい

る。これを見る

と、グラウト壁

に侵入する前に

おける塩水楔の

形状は、海側境

界面で高さの違いが少し大きい

が、全体的

にだいたい一致していると言える。次に塩水楔

の先端がグラウト壁を通過する5分時におけるグラウト

壁内の塩水楔の形状を見ると、実験値と解析値で少々高

さの違いがあるものの、形状はよく一致している。しか

し、6分以降のグラウト壁内とその直左側における淡水

境界面の形状は実験と解析で傾向が異なっている。すな

わち実験結果は写真-1の30分時における形状からともわかるようにグラウト壁内で比較的

ゆるやかな勾配の直線状の形状をなし、グラウト壁の左外側で急激に低下しているのに対し、

解析結果は曲線形状をなしグラウト壁内で急激な低下を示して、グラウト壁の左外側

では、ゆるやかな直線形状となっている。この両者の違いが解析上の不備によるものが、

あるいは実験上の不備によるものかは、現在の所、明らかでない。ただ $U_0 = R \frac{\partial p}{\partial x} \frac{\partial f_0}{\partial x}$ と

おいて、グラウト壁左外側の塩水楔の形状から U_0 を求めてレイノ

ルズ数を計算すると、($\nu_s = 0.851 \text{ cm}^2/\text{s}$, $D = 0.249 \text{ cm}$) 約0.1となって、

現象は十分に層流であることおよび不均質地盤の境界を定常状態

で通過する流線は屈折の法則に従い、 $R_1 > R_2$ の時に図-5のようになることを考慮すると、実験上の不備ではないように考えられる。

この点についてはさらに検討していかなければならないと考えて

いる。なお、塩水楔の先端がグラウト壁を通過した後の、グラウ

ト壁より左側の塩水楔の形状は傾向として一致しているようであ

る。しかし、図-6に示すように塩水楔の移動状況を見ると、先

端の移動速度がおそく、時間の経過とともに、実験値と解析値の違いが大きくなること

がわかる。次に自由地下

水面については、0分時と30分時における計算値をプロットして示しているが、実験時に観察した結果、実験値

と解析値はよく似た傾向を示した。

6. あとがき 今後、講演発表までの間に種々検討を重ねていき、新たな知見が得られたならば報告したいと考

えている。最後に以上の計算は、九州産業大学情報処理センター並びに東和大学計算センターで行った。

参考文献 1) 川谷 健: 海岸帯水層内の地下水位と塩水境界面に関する数値解析(英文)土木学会論文報告集, NO.238, 1975.

2) 松尾新一郎・河野伊一郎: 改訂増補地下水位低下工法, 鹿島出版会, 昭和54年.

3) 中田欣也・白地哲也・杉尾 哲: 淡水流出幅を考慮した2次元地下密度流の数値解析(第3報), 第37回年講, II-208, 昭和57年.

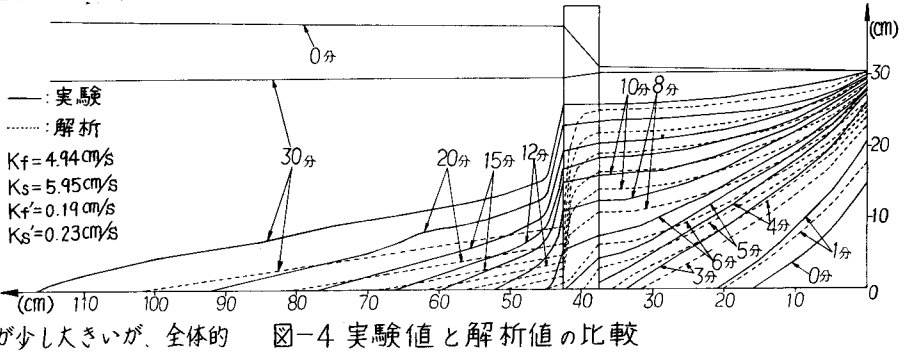


図-4 実験値と解析値の比較



写真-1 実験状況

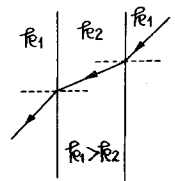


図-5 屈折の法則

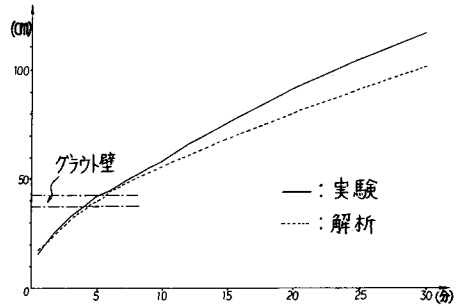


図-6 塩水楔先端の移動状況