

RESIDUAL FLOW PROCEDURE による断面二次元地下密度流の解析 (第4報)

宮崎大学工学部 学生員○森 耕司 正 員 杉尾 哲

1. はじめに

前報までは、Residual Flow Procedure により、均質地盤へ海水が侵入する断面二次元流について検討し、実験結果とよく一致することを報告した。この解法は、塩水領域を含めて全領域を一括して解くことに特徴があり、自由地下水面および淡塩境界面が変動してもメッシュを変更せずに解析するため、従来の方法より簡単に解析が行える。今回は、地層条件が塩水侵入にどのように影響するかを検討するために、浸透地盤が均質の場合、二層地盤で上下いずれかが難透水層の場合、中央に難透水層をはさむ場合、そして透水性に異方性がある場合について解析した。またそれぞれの地盤に、矢板が貫入された場合についても解析を行い、矢板の塩水侵入に対する防止効果について検討したので、その結果を報告する。

2. 基礎方程式

図-1の全領域の淡水の水頭 ϕ は次式を満足しなければならない。

$$\text{div}(k(p) \text{grad} \phi) = 0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式-1の汎関数を最小とおくことにより有限要素式を求めると

$$[k_0] \{q\} - [k_{rs}] \{q\} = 0 \quad \dots\dots\dots (2)$$

となる。ここに q は各節点の水頭であり、左辺第二項が Residual Flow 成分である。解析手法については、前報と同じなので省略する。

3. 計算結果

図-2は、均質地盤と二層地盤についての計算

結果で、二層地盤は難透水層が上層の場合と下層の場合について求めている。図-3は、中央に難透水層をはさむ場合についての計算結果で、難透水層の透水係数が、 $k'/k = 1/2, 1/10, 1/100$ と小さい場合について求めている。図-4は、透水性に異方性がある場合についての結果で、鉛直方向の透水係数 k_y が、水平方向の k_x に対して $k_y/k_x = 1/2, 1/3, 1/5$ と小さい場合について求めている。

これらの結果を総合すると、淡塩境界面の侵入が大きいのは、二層地盤で下に難透水層がある場合で、逆に境界面の侵入が小さいのは、二層地盤で上に難透水層がある場合と、異方性で $k_y/k_x = 1/5$ の時である。図-3については、下層では、 k'/k が大きい方が境界面の侵入が大きい、上層では逆になっている。

また、この場合は $k'/k < 1/10$ 程度になると難透水層をはさんで上下二層に淡塩境界面が分かると言う特徴がある。異方性については、 k_y/k_x が小さいほど境界面侵入が小さい。

次に、同様の検討を、地盤中に不完全貫入矢板が設けられている場合について行った。図-5は均質地盤で矢板の開口高さ SD を一定にして、海側から測った設定位置までの水平距離 SL を $SL/H_2 = 1/4 \sim 5/4$ と変えた場合について求めている。図-6は均質地盤で SL を一定にして SD を $SD/H_2 = 1/8 \sim 7/8$ と変えた場合について求めている。図-7以下は、 $SD/H_2 = 3/8, SL/H_2 = 3/4$ の場合について求めたもので、図-7は図-2と同様の二層地盤、図-8は図-3と同様の難透水層をはさむ場合、および図-9は図-4と同様の異方性がある場合について求めている。

これらの結果をまとめると、以下ようになる。まず矢板の位置は SL が大きくなると淡塩境界面も大きく侵入するが、 $SL/H_2 = 5/4$ や $4/4$ の場合は矢板がない場合(図-2の実線)とほぼ一致してしまうので、矢板の効果は $SL/H_2 \leq 3/4$ の場合に顕著になる。矢板の開口高さは $SD/H_2 = 2/8$ の場合が最も塩水を排除している。また $SD/H_2 \geq 6/8$ では矢板がない場合とほぼ一致してしまい、矢板の効果があまり現れない。次に図-7を図-2と比較すると、上層が難透水層の場合には、両者の境界面が一致して矢板の効果は現れない。

$$k(p) = \begin{cases} k_0 - f_f(p) : R_1 \\ k_0 : R_2 \\ k_0 - f_s(p) : R_3 \end{cases}$$

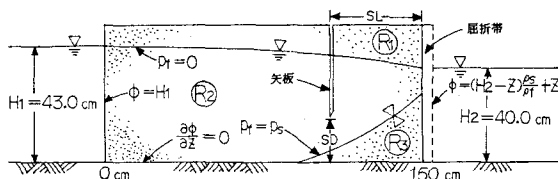


図-1 解析領域と境界条件

一方、下層が難透水層の場合には、矢板下流部に独立した淡水領域が形成される。しかしこの領域は淡水供給を受けないので、ついには塩水化してしまうと考えられる。

図-8を図-3と比較すると、下層の塩水領域が縮小されている。

$k/k \leq 1/10$ の場合には図-6と同様に矢板下流部が塩水化してしまう。図-9を図-4と比較すると、同様の傾向を示しているが、

$k_y/k_x = 1/3$ と $1/5$ での境界面の相違は極めて小さい。

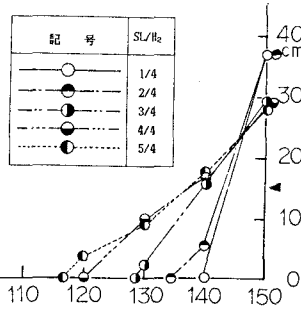
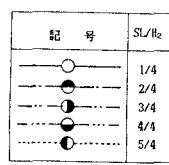


図 - 5

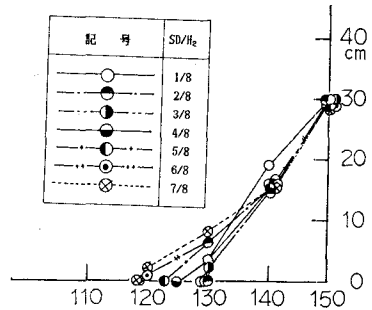
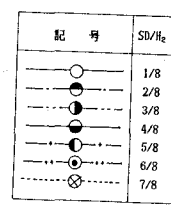


図 - 6

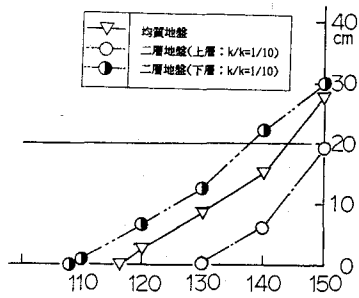
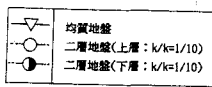


図 - 2

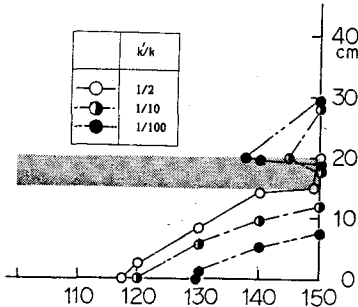
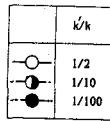


図 - 3

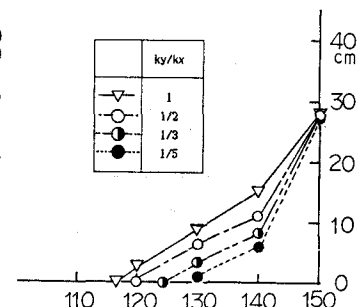
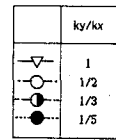


図 - 4

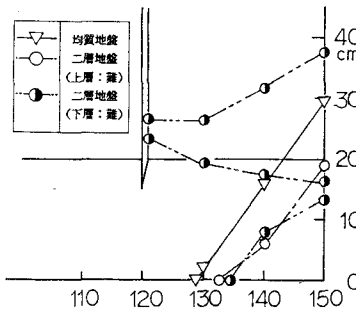
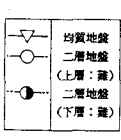


図 - 7

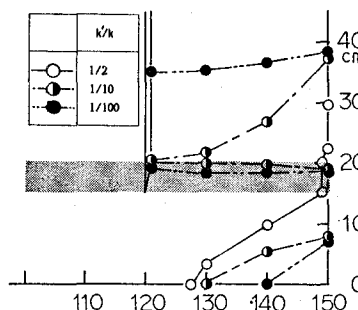
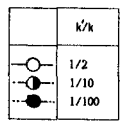


図 - 8

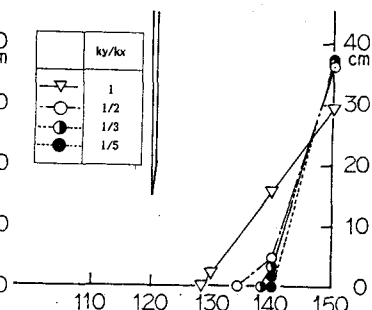
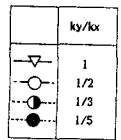


図 - 9

4. 結び

以上のように、地層条件は塩水の侵入に大きな影響を与え、矢板設置によって淡塩境界面の侵入は抑制される傾向にある。しかし地盤によっては、上層の矢板下流部が塩水化する危険性が大きいことなどが明らかになった。

参考文献；(1)DESAI&LI: Adv.in Water Res.,Vol.6,pp.27-35 March,1983 (2)SUGIO,DESAI: Int.Jour.f or Numerical Method in Eng.,vol.24,No.7,pp.1439-1450,1987 (3)杉尾,DESAI: 第41回年講第2部, pp.215-216,1986 (4)森,杉尾: 昭和61年度西部支部, pp.270-271,1987 (5)森,杉尾: 第42回年講第2部, pp232-233,1987