有限差分法에 依한 被圧帶水層의 地下水 흐름 解析

(Analysis of Groundwater Flow in the Confined Aquifer by Finite Difference Method)

申 文燮* 沈 秀輔**

地下水의 分析方法에는 主로 理論的인 方法과 實驗的인 方法이 있으나, 實驗的인 方法은 實驗 Model의 製作의 不便과 理論解析的인 方法의 不確實性이어서 複雜하고 어렵기 때문에 理論的인 解析方法을 많이 利用하고 있다.
本 研究의 目的은 被圧帶水層(Confined Aquifer)에서 흐름의 方向이 水平한 경우에 對하여 二次元 地下水 흐름 方程式을 數値的으로 解析하였다.

1. 基本式

1) 非 被圧帶水層 內에서 連續方程式

$$\frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} = - S_s \frac{\partial h}{\partial t} \quad \cdots\cdots (1)$$

Darcy의 法則을 一般化하면

$$\left.\begin{aligned} V_x &= - m K_x \frac{\partial \phi}{\partial x} \\ V_y &= - m K_y \frac{\partial \phi}{\partial y} \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (2)$$

여기서 ϕ : 速度 potential.
K_x, K_y : X와 Y 方向의 透水係數
m : 帶水層(Aquifer)의 두께

* 群山水産專門大學 土木工學科
** 建國大學校 土木工學科

V_x, V_y : x와 y 方向의 速度成分.

2) 被壓帶水層에서 流入量이 없을때.

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(mK_x\frac{\partial \phi}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(mK_y\frac{\partial \phi}{\partial y}\right) = mS_s\frac{\partial h}{\partial t} \quad \cdots\cdots (3)$$

3) 被壓帶水層에 流入量이 있을때

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(mK_x\frac{\partial \phi}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(mK_y\frac{\partial \phi}{\partial y}\right) = mS_s\frac{\partial h}{\partial t} - g \quad \cdots\cdots (4)$$

(4)式은 帶水層의 傳導係數인 mK_x. mK_y를 T_x, T_y로 하고 貯留係數 (Storage Coefficient) mS_s를 S로 하여 整理하면.

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(T_x\frac{\partial \phi}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(T_y\frac{\partial \phi}{\partial y}\right) = S\frac{\partial h}{\partial t} - g \quad \cdots\cdots (5)$$

여기서 ϕ : 地下水의 水位 (L)

T_x, T_y : x와 y 方向의 傳導係數 (L^2/T)

S : 貯留係數

T : 時間

g : 帶水層에 單位面積當 流入量.

2. 差分方程式 (Difference equation)

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(T_x\frac{\partial \phi_{n+1}}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(T_y\frac{\partial \phi_{n+1}}{\partial y}\right) = S\frac{h_{n+1} - h_n}{\Delta t} - g \quad \cdots (6)$$

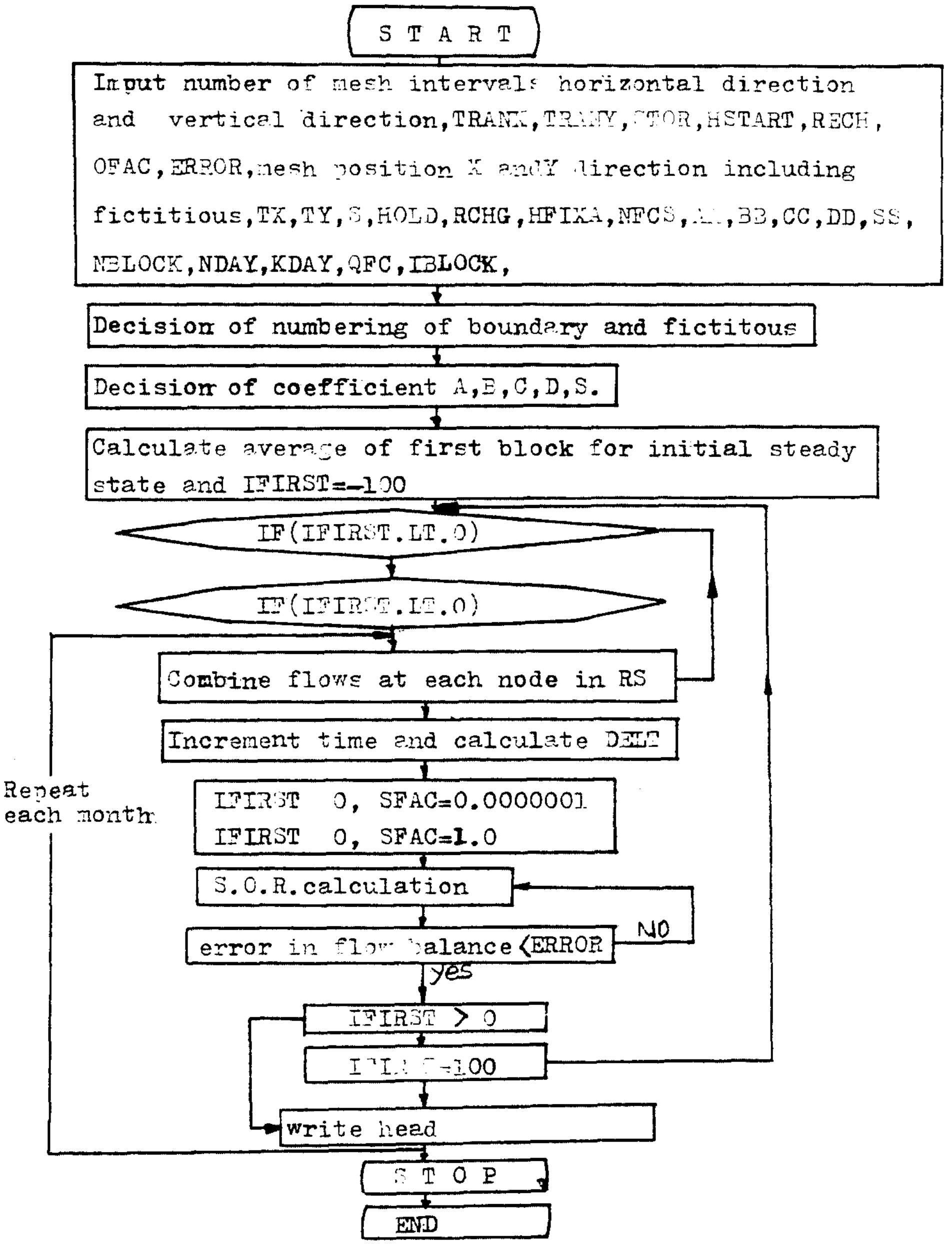
(6)式을 Fig.2를 利用하여 有限差分式으로 쓰면

$$\frac{2}{X(i+1)X(i-1)}\left\{\frac{TX(i)}{X(i+1)-X(i)}\left[H(i+1,J,N+1)+H(i,j,N+1)\right] + \frac{TX(i-1)}{X(i)-X(i-1)}\left[H(i-1,j,N+1)-H(i,j,N+1)\right]\right\} + \frac{2}{Y(j+1)-Y(j-1)}\left\{\frac{TY(j)}{Y(j+1)+Y(j)}\left[H(i,j+1,N+1)-H(i,j,N+1)\right] + \frac{TY(j-1)}{Y(j)-Y(j-1)}\left[H(i,j-1,N+1)-H(i,j,N+1)\right]\right\}$$

$$= \frac{S(i,j)\left[H(i,j,N+1)-H(i,j,N)\right]}{\Delta t} - RS(i,j) \quad \cdots\cdots (7)$$

3. 適用 및 結果

被壓帶水層의 境界 分析 對象은 地下水의 流出에 의해 境界條件을 加하는 地域을 對象으로 하였다.
本 論文에서 流入量과 流出量을 考慮하여 流出에 의한 水頭를 假定한 對象領域으로 하여 二次元 被壓帶水層에서의 地下水 流動 分析方法으로 正確解를 求하는 方法은 數値解析法의 하나인 有限差分法을 利用하였으며, 被壓帶水層에서 Potentiale S.O.R 技法을 利用하여 좋은 結果를 얻을 수 있었다.


START
Input number of mesh intervals horizontal direction and vertical direction,TRANX,TRANY,STOR,HSTART,RECH,
OFAC,ERROR,mesh position X andY direction including fictitious,TX,TY,S,HOLD,RCHG,HFIXA,NFCS,AA,BB,CC,DD,SS,
NBLOCK,NDAY,KDAY,QFC,IBLOCK,
Decision of numbering of boundary and fictitous
Decision of coefficient A,B,C,D,S.
Calculate average of first block for initial steady state and IFIRST=-100
IF(IFIRST.LT.0)
IF(IFIRST.LT.0)
Combine flows at each node in RS
Increment time and calculate DELT
IFIRST 0, SFAC=0.0000001
IFIRST 0, SFAC=1.0
S.O.R.calculation
error in flow balance <ERROR
NO
yes
IFIRST > 0
IFIRST=100
write head
Repeat each month
STOP
END