

地下水의 定常流에 대한 Boussinesq 方程式의 解에 관하여

漢陽大學校 工科大学
土木工学科 李正圭

1. 緒論

一般的인 地下水 문제는 종래의 解析的인 方法으로는 解析이 너무 複雜하고 어렵기 때문에 근사해법인 數值解法에 의존하는 경우가 많다.

本 研究은 變分원리를 이용한 有限要素法에 의하여 帶水戶의 바닥이 경사져 있고, 降雨에 의한 浸透와 半透水戶를 통한 流出入 現象 (Seepage)이 發生하는 帶水戶의 地下水 흐름문제를 해석하고자 한다.

2. 基本式의 誘導

2次元 地下水 흐름에 대한 一般式인 Boussinesq 方程式은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[k_x (\varphi - h_0) \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[k_y (\varphi - h_0) \frac{\partial \varphi}{\partial y} \right] + N$$

$$= n_0 \frac{\partial \varphi}{\partial t} \dots\dots\dots (1)$$

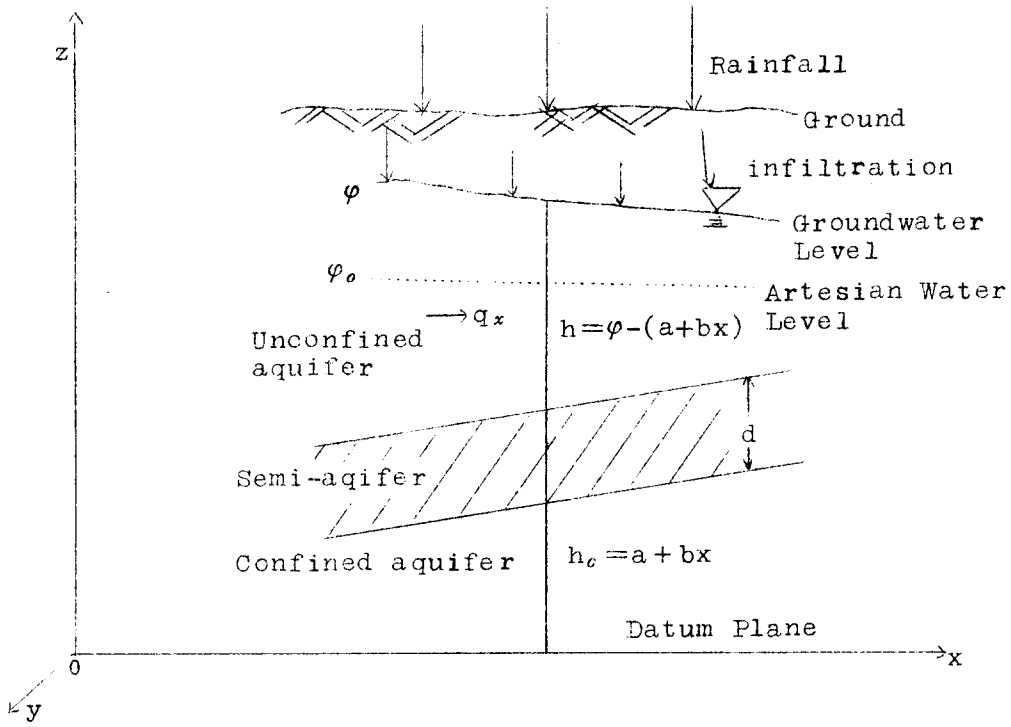


Fig. Ground water flow in an unconfined leaky aquifer on a sloping base.

여기서,

- k_x, k_y : x, y 方向의 帶水戶의 水平方向의 투수계수
- h_0 : 기준면으로 부터 帶水戶 바닥까지의 높이
- φ : 非被圧 帶水戶의 水頭
- n_c : 帶水戶의 比産出率 (Specific yield)
- t : 時 間
- N : 帶水戶으로의 流出入量

本 研究에서는 地下水흐름이 定常流이며 帶水戶으로의 流出入量으로써 降雨에 의한 浸透量과 半透水戶를 통한 滲透量을 고려한 경우를 대상으로 하고 있으므로 式은 다음과 같이 變形된다.

$$\frac{\partial}{\partial x} [k_x h \frac{\partial \varphi}{\partial x}] + \frac{\partial}{\partial y} [k_y h \frac{\partial \varphi}{\partial y}] + I - \frac{(\varphi - \varphi_0)}{c} = 0$$

..... (2)

여기서,

- h : 대수층의 두께
- φ_0 : 被圧帶水戸의 水頭
- c : 半透水戸의 Resistance (= d/k')
- d : 半透水戸의 두께
- k' : 半透水戸의 연직방향 투수계수

式 (2)는 非線型이므로 解를 얻기 위하여 準線型化法 (Quasi-linearisation method)에 의하여 線型化 한다.

$$\frac{\partial}{\partial x} [k_x \hat{h} \frac{\partial \varphi}{\partial x}] + \frac{\partial}{\partial y} [k_y \hat{h} \frac{\partial \varphi}{\partial y}] + I - \frac{\hat{\varphi} - \varphi_0}{c} = 0 \quad \dots (3)$$

여기서 \hat{h} 와 $\hat{\varphi}$ 는 (n-1)차 반복계산에서 얻어진 대수층의 두께와 水頭를 의미한다.

3. 數值解 및 計算例

式 (3)은 變分原理를 이용한 有限要素法에 의하여 解를 구하였으며 境界조건은 다음과 같다.

a) 水頭 φ 가 境界상에서 주어지는 경우

$$\varphi = \varphi_s \quad \text{on } S_1$$

b) 境界上에서 流速이 주어지는 경우

$$-k_n \frac{\partial \phi}{\partial n} = v_n \quad \text{on } S_2$$

上記와 같이 얻어진 模型의 신뢰도를 검증하기 위하여 解析的인 正確解가 얻어질 수 있는 일차원 흐름을 택하여 正確解와 近似解를 비교 검토하였으며 充分한 精度를 가지고 있음을 알 수 있다.

2차원적인 實際 問題에 적용할 수 있는 例를 보여주기 위하여 몇가지 境界條件을 임의로 주어 계산을 수행하여 좋은 결과를 얻었으며 現場 實測資料와 비교하여 보면 좋은 비교가 될 것으로 기대된다.