

1. はじめに

地下水位の低下は、掘削による湧水揚水、地下水開発あるいは地下ダムによる地下水規制などによって発生する。これらの地下水位の変化は地表水の地下漏洩量に影響を与えることが知られており、それのためのトラブルや引いては補償問題にまで発展することがある。それでは地下水位が低下すると必ず漏洩量が増大するのか、地盤の構成や透水性とどういう相関があるのか、地下水位低下量と漏洩量との相関はどうか、などを考察してみたいと思う。

2. 地下水面と地下漏洩のパターン

地表水の地下漏洩のパターンを (a) 鉛直漏洩型 (b) 水平漏洩型 に分けることにする。また、地層（帯水層）の構成によって (i) 砂-粘土層序型 (ii) 粘土-砂層序型 とに分けて考察してみよう。

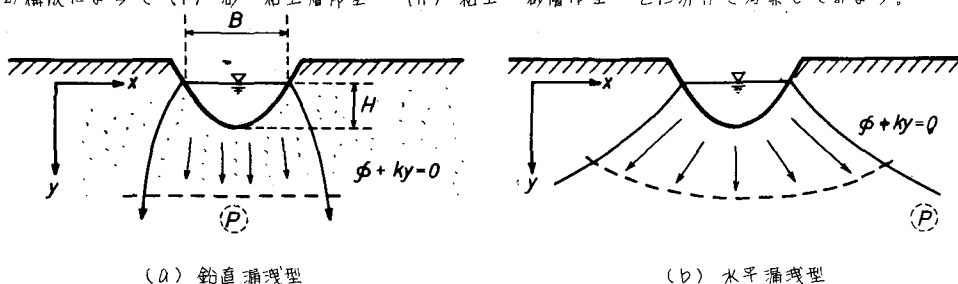


図-1 地下水面と地下漏洩パターン

(a) 鉛直漏洩型は、地下水面が比較的深い場合に発生し、透水係数長の均質地盤で、地下水位が非常に深い半無限透水性地盤に対して、その漏洩量は次式 (1) のように計算されている。

$$Q = k(B + 2H) \quad (1)$$

(b) 地下水面が比較的浅い場合には水平漏洩型になるようで、半無限透水性地盤に対して式 (2) が示される。

$$Q = k(B - 2H) \quad (2)$$

$B \leq 2H$ の場合には、式 (2) は負が身となって、現実にはあり得ない。すなわち (a) 型の漏洩となるべきものと考えられる。

しかし、上記の (a) または (b) は地盤と地下水位の理想形に対する論議で、現実にはさだに複雑であるのは当然である。

3. 地層構成と地下漏洩パターン

(i) 透水性の大きい層が上部、小さい層が下部に堆積している場合、(ii) は層序がその逆の場合である。

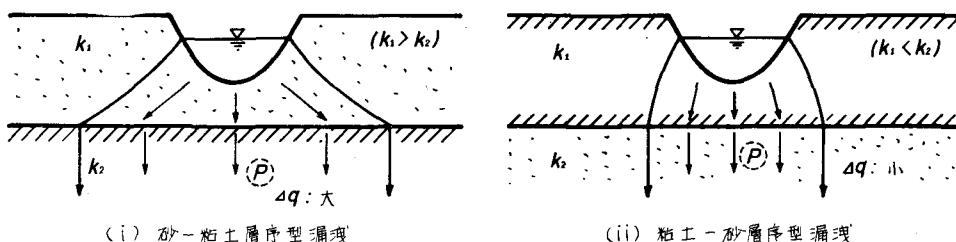


図-2 地層構成と地下漏洩パターン

4. 地下水面と漏洩量の相関

鉛直一次元の地下漏洩モデルについて、地下水面の上昇下降が地表水の漏洩量に与える影響について考察してみよう。このモデルは、上に述べた鉛直漏洩の他に、水田かタの漏洩のように地表水の湛水面積が、地下水面の深さに比して大きい場合に考えることができる。

(1) 被圧帯水層への漏洩

図-3について、単位表面積あたりの漏洩量は、

$$q = k(h/D) \quad \text{----- (3)}$$

であるから、地下水位の低下 Δh に対して漏洩量の増分 Δq は

$$\Delta q = k(\Delta h/D) \quad \text{----- (4)}$$

となり、 $\Delta q/q = \Delta h/h$ である。

(2) 不圧帯水層への漏洩

図-4について、単位表面積あたりの q は、式(5)となる。

$$q = k(1 + \frac{H}{D}) \quad \text{----- (5)}$$

$D \rightarrow \infty$ にしたがって、 $q \rightarrow k$ となる。すなわち、地下水面の低下によって漏洩量が減少することがわかる。

また、図-4に示すような2層地盤の場合について考えてみる。

$$q = \frac{D_1 + D_2 + H}{(D_1/k_1) + (D_2/k_2)} \quad \text{----- (6)}$$

が成立する。この式(6)を変形すると、

$$q = k_2 \left\{ 1 + \frac{1 + (H/D_1) - (k_2/k_1)}{(D_1/D_1) + (k_2/k_1)} \right\} \quad \text{----- (7)}$$

式(7)よりつぎのような相関を理解することができる。

$$\frac{k_2}{k_1} < (1 + \frac{H}{D_1}) \text{ のとき } (k_1 > k_2 \text{ のとき})$$

$D_2 \rightarrow \infty$ (地下水面が低下) すると、漏洩量 q は小さくなる。また、その逆も成立することがわかる。

(3) 複層の場合の漏洩

一般に n 層地盤について同様に関係式を導いてみると、式(6)に対応して式(8)が得られる。

$$q = \frac{\sum D_i}{\sum (D_i/k_i)} \cdot \frac{\sum D_i + H}{\sum D_i}, \text{ここに}\sum\text{は}1\text{から}n\text{までの和} \quad \text{----- (8)}$$

式(8)を用いて、地下水面の低下による q の増減を考察するためには、つぎのように考えればよい。初期地下水面より上部の互層の平均透水係数 $k_{1 \sim m}$ を求める。

$$k_{1 \sim m} = \frac{\sum D_i}{\sum (D_i/k_i)} \quad (i = 1 \sim m)$$

つぎに、地下水面低下領域の互層の平均透水係数 $k_{n \sim m}$ を求める。このように求められた平均透水係数を k_m と k_2 に対応させ、 $k_{n \sim m}$ を k_2 に対応させて、2層の場合と同様に考察することができる。

【参考文献】 1) 河野伊一郎 : 地下水位低下工学, 鹿島出版会 (1979)

2) Harr, M. : Ground water and Seepage, Mc.Graw-Hill (1962)

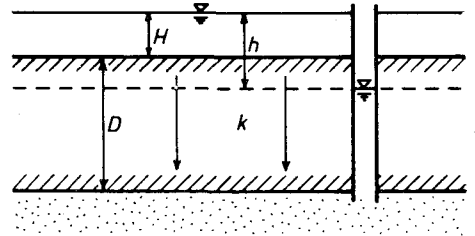


図-3 被圧帯水層への漏洩

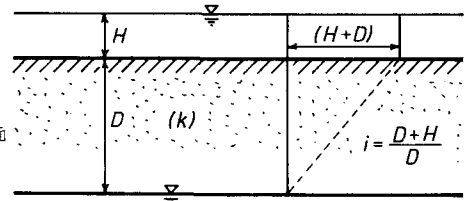


図-4 不圧帯水層への漏洩(単層)

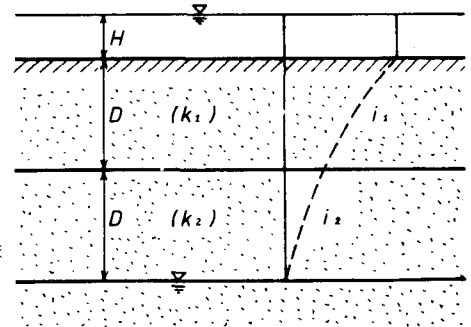


図-5 複層の場合