

III-93 クリークからの浸透による地下水位変化について

京都大学工学部 正員 宇野 尚雄

京都市計画局 正員 西村 伊久夫

1. まえがき 地下水位が比較的浅い場合に、地表に設けたクリーク(小川)へ注水することにより、周辺の地下水面がどの程度上昇するかについて、その地形(クリークの位置、地下水面の配置など)、クリークの形状、大きさやクリークへの注水量などの諸因子がどう絡んでくるかを研究するのが、本研究の目的である。

2. 理論的考察 いま簡単に浸透領域として図-1(a)の ϕ とき半無限均質地盤を考慮する。AB, GHにはフィルターを設け、それぞれB点, G点以遠では水位一定とし、DE面から給水流量 Q を注入している(ϕ -平面)。流れをポテンシャル平面(ω -平面)で表わすと図-1(b)である。 ω -平面は式

$$\omega = \frac{Qi}{2K} \int_0^s \frac{ds}{\sqrt{(1-s^2)(1-k^2s^2)}} - \kappa H \quad (1)$$

(k :楕円積分の母数, κ :地盤の透水係数)により ϕ -平面に写像される。

この場合のZhoukowskyの関数は次のように表わされる。

$$\theta = \omega - i\kappa z = a\zeta + b = \frac{(2-\kappa B)i}{2}\zeta \quad (2)$$

式(1)と式(2)から ϕ を消去すると、 ϕ -平面を ω -平面で表わす式を得る。

$$\frac{z}{l} = -\frac{\omega i}{\kappa l} - \frac{1}{1-k} \frac{1}{\text{sn}\left(\frac{K\omega i}{\kappa H}, k\right)} \quad (3)$$

ここに $\text{sn}(u, k)$ は第一種楕円積分(Legendre-Jacobiの標準形)の逆関数である。式(3)は一つの流線網を表わす。自由水面は $\psi = \frac{Q}{2} = \frac{\kappa KH}{K'}$ と $y + \kappa y = 0$ なる条件で式(3)を用いて

$$\frac{z}{l} = \frac{KH}{K'l} + \frac{dn\left(\frac{K'z}{H}, k'\right)}{1-k}, \quad dn^2(u, k) = 1 - k^2 \text{sn}^2(u, k), \quad k'^2 = 1 - k^2 \quad (4)$$

と表わされ、また式(1)と式(2)から $Q = \frac{2\kappa KH}{K'} = \frac{\kappa}{1-k} (B - \kappa L)$ となり、形状により決まる k を用いて一例が図-2に描かれている。地表から一定地下水位までの落差を T_0 、クリークの深さを T とすると Q は次式を満たす必要がある。

$$\frac{2\kappa KT_0}{K'} \geq Q \geq \frac{2\kappa K}{K'} (T_0 - T) \quad (5)$$

つぎに水位を片側で一定にしているときも同様にして条件式 $Q = \kappa(B - \frac{k^2}{K'}l) = \frac{\kappa KH}{K'}$ および自由水面の表現式

$$AC \text{ に沿って; } x = -\frac{l}{k'^2} \left\{ \frac{1}{\text{sn}^2\left(K'\frac{x}{H}, k'\right)} - 1 \right\} \quad (6)$$

$$DE \text{ に沿って; } x = \frac{K'}{K'} H + \frac{l}{k'^2} dn^2\left(K'\frac{x}{H}, k'\right) \quad (7)$$

$$\text{を得る(図-1(d))。また式(5)に対応して } \kappa KT_0/K' \geq Q \geq \kappa K(T_0 - T)/K' \quad (8)$$

3. 実験的考察 豊満標準砂と水槽内に高さ40cm, 巾23cm, 長さ315cmに詰め、模型地盤と作表面に設けたクリークに注水し、砂内部に埋め込んだ ϕ - ψ で水面を観測した。実験の種類は

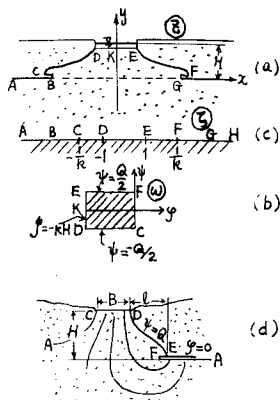


図-1

クリーフが半円形(半径5cm), 梯形(底面4cm, 上面12cm, 深さ4cm), 線状のものなどに付き, $Q, H,$ クリーフの位置を変えた場合などである。図-2の記録値は前の解析で Q と h が比例関係にあるという結果を考慮して, $h/Q \sim x$ の関係でプロットしたものである。これから実験値は種々場合にも

$$\frac{h}{Q} \propto e^{-\alpha x} \quad \text{i.e.} \quad h = H e^{-\alpha x} \quad (9)$$

で表わされることとわかる。ただし $\alpha = 5.0 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$ 。また実験装置では有限距離で一定水位に保たれているので, 映像法を適用しなければならない。図-2の実線が適用結果である。さて理論式(4), (6), (7)は実験値とかなりはずれてくる。明らかに, 理論値は地盤が半無限均質地盤であるが, 実験では有限深さに不透水層があることおよび実験では毛管帯の影響が大きく作用していることが原因と考えられる。一方 $Q \sim \sqrt{A}$ (A :水路の断面積)の関係と整理すると, 図-3のように比例関係にあり, Q/kH は約0.5以上必要となる。これは式(5)の $Q/k(T_0 - T)$ の下限を示す $\frac{2K}{K'} = 0.604$ ($k = 0.02/18$) に対応する。

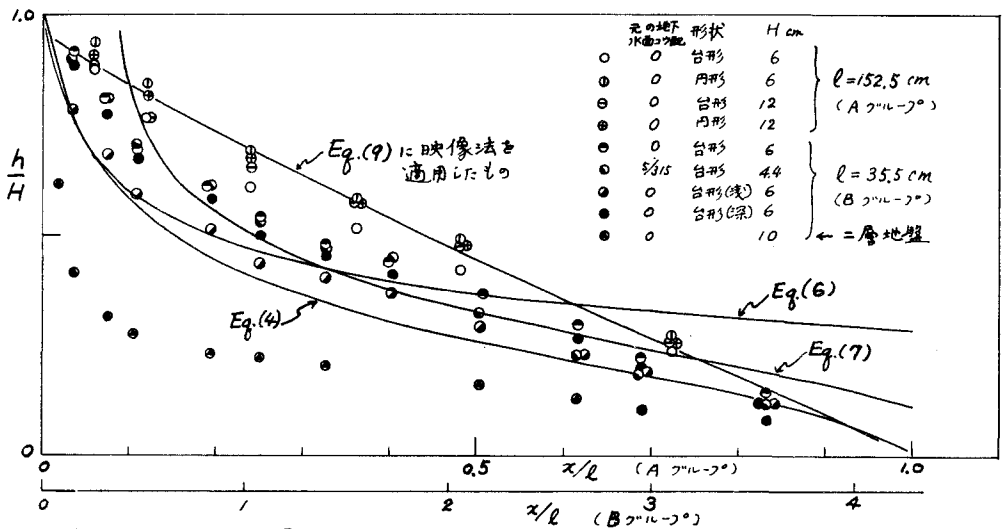


図-2

さて, 現実の地盤ではごく表層部は下層より透水係数が小さいのが常であるので, 上述の標準砂地盤($k = 2.34 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$)の表層5cmの部分にシルト分を混入して透水係数を小さくした($k = 3.32 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$)二層系を設けた場合につき実施した結果も, 図-2に示してある。明らかに元地下水水面が低透水性表層以下にあるときには, 同一流量に対する水面の上昇量は均質地盤のときより小さい。以上の考察から得られる結論は (i) 半無限均質地盤上に設けたクリーフによる地下水位の上昇は理論的には式(4), (6), (7)などで表わされるが, 室内実験結果によれば毛管帯などの影響で理論値よりも高くなる。(ii) 表層が透水性の低い地盤では元地下水水面の位置によるが, 均質の場合より水位上昇は少ない。

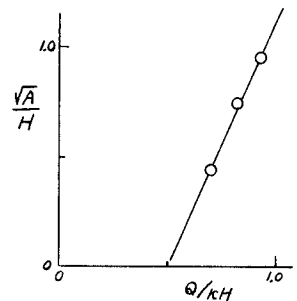


図-3