

北木農

正員

山本 茂

オーガー法チューブ法なども考えられるが泥炭土に最も適すると思われるピエゾメーター法を採用し、流入多孔部の網目が挿入の際に泥炭分解物質の圧入によって閉塞せられこの部分が泥炭の透水係数以下になることもままあるために、これを二重管とし北大農土型と名付け昭和30年以降現地で実測を行っている 図-1のような構造である。地下水位を有する半無限体中に挿入せられた流入部を通じて管内に流入する流量は $Q = A k (H - h) = A k \eta$ (1) なる式で表される。ここに A は形状係数と呼ばれ殆んど大半はピエゾメーター流入部の長さ l と管半径 r に関する係数である。流入部を急に開いて流入が始まれば η は時々刻々異なるから非定常流となるが空気の混入なく且間隙状態不変のもとに定常状態の漸変連続が成立するという仮定のもとに $Q dt = \pi r^2 dh = -\pi r^2 d\eta$ の連続の式と共に

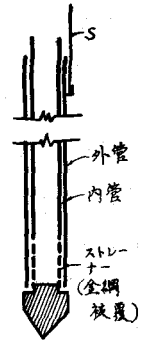


図-1

$\mu = \{t_0 - t\} / \{2.3 \log(\eta_0 / \eta)\}$, $k = \pi r^2 / A \mu$ (2) 然るに実測

の結果は(2)は成立しないで μ は時間と共に増大する (表-1) このことは弁急開放による流出量の変化は一つの減衰曲線を示すことから説明がつく (附図)

図-2において曲線Iは水頭 η なる定常状態で急速なる弁の開放によって曲線IIを示すがB D部分がとる定常状態はIIIであつて定常状態における水頭 η' の流量と等値であるという考へ方である。別にF, Gのような点で水頭を調べてみるとこの推定が成り立つことを示した。このような考察のもとに單純に次の假定を設けこれを等値水頭と名づける

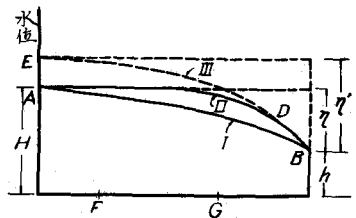


図-2

$\eta = (1 + a e^{-bt}) \cdot \eta_0$ (3) 前記の連続の条件と組合せ t_0 から t まで積分すれば

$(t - t_0) + C(e^{-bt_0} - e^{-bt}) = 2.303 \mu \log(\eta_0 / \eta)$ (4) ここに $C = a/b$ さてここに b, C

及 μ なる三箇の未知数がありこれを(4)の観測式から見出すことは困難なので何等かの方法で b の適合値が推定出来得れば最小自乗法によって μ 及 C を見出すことが出来る。 b の推定条件式として次式を提案する

$$\left\{ \frac{Y_{0-3}}{E_{0-3}} - \frac{Y_{0-1}}{E_{0-1}} \right\} / \left\{ \frac{Y_{0-2}}{E_{0-2}} - \frac{Y_{0-1}}{E_{0-1}} \right\} = \left\{ \frac{t_3 - t_0}{E_{0-3}} - \frac{t_1 - t_0}{E_{0-1}} \right\} / \left\{ \frac{t_2 - t_0}{E_{0-2}} - \frac{t_1 - t_0}{E_{0-1}} \right\} \text{ (5)}$$

ここに $E_{0-1} = e^{-bt_0} - e^{-bt_1}$, $E_{0-2} = e^{-bt_0} - e^{-bt_2}$ 及 $Y_{0-1} = \log(\eta_0 / \eta_1)$, $Y_{0-2} = \log(\eta_0 / \eta_2)$ (6)

試算によって(5)の条件を満たし(4)によって μ, C を求めれば $m = \frac{1}{2.303 \mu} \{t + C(1 - e^{-bt})\}$ 及 $\log \eta = \log \eta_0 - m$ (7) によって各 η を算出しこれと実測値を比べて正確度を知る 表-1

はその一例である。 $b = 1/1000$ として $\mu = 4633$, $C = 4077$, $k_{APP} = \pi r^2 / A \mu = 7.7 \times 10^{-5} \text{ (cm/sec)}$

$b = 1/600$ とすれば $\mu = 3069$, $C = 1553$, $k_{APP} = 1.02 \times 10^{-4} \text{ (cm/sec)}$ で30%許りの差異となる

形状係数の決定法としては解析法、電気類推法があるがそのいづれも定常状態について

である 筆者等⁽¹⁾は透水係数の分った砂を利用して決定した形状係数を α とおきこれを泥炭
環境の实测値に逆に適用してその透水係数を求める方法をとった 泥炭の場合の μ を μ_{pH}
の場合を μ_s とすれば(2)より $k_{sp}/k_s = \mu_s/\mu_p \dots\dots (8)$ ここに問題となることは砂($k_s = (7.69 \pm 0.0614) \cdot 10^3$
(cm/sec), $n=19$ 回)の中では管内水位上昇速度があまりにも大きいために正確な測定が不可能な
ので電気抵抗の変化を電流にかえて自記せしめた $PA(L=19\text{ cm}, r=0.8\text{ cm})$ について四回
の測定の結果から μ の平均値を求め(2)によって $\alpha=64$ を得た

次に筆者はAの理論値として次の二法を提案する いずれも
始め無限体内の流入を考え次に鏡像の手段によって地下水面を
有する場合に変える その一つは図-3のようにY軸に対する
 θ の小さい場合を考えYの位置と $Y=R \rightarrow \infty$ の場合について流
れの連続とDarcyの法則より導く 等位面は $Y=0$ では直線 Y
 $=R$ では球になることから F, F' を焦点とする回転楕円体であり
従って流線は共軛焦点を有する双曲線であるから $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{m^2} = 1$
において $\theta \rightarrow 0$ において m に比して a を省略し $U = \frac{Q}{4\pi L} \frac{1}{y(m^2+y^2)^{1/2}}$
及 $u = k \frac{dz}{dy}$ より積分して $H-Z = \frac{Q}{4\pi k L} \frac{1}{m} \left\{ \ln \frac{\sqrt{m^2+y^2}+m}{\sqrt{m^2+y^2}-m} \right\}$ 有理化
すれば $H-Z = \frac{Q}{4\pi k L} \ln \left\{ \sqrt{\left(\frac{m}{y}\right)^2+1} - \left(\frac{m}{y}\right) \right\} \dots\dots (9)$ 流入+Qが無
限に遠い点 Σ (f, R) 及 $U, P(x, Y)$ に及ぼす関係は

$S_1 = H-Z_1 = -\frac{Q}{4\pi k L} \ln \left\{ \sqrt{\left(\frac{m}{y}\right)^2+1} + \left(\frac{m}{y}\right) \right\}$ 同様に流出源(-Q)が Σ 及
 U, P に及ぼす関係はY軸はY軸と無限の遠距離で交るから
 $-S_2 = H-Z_2 = -\frac{Q}{4\pi k L} \left\{ \ln \left[\sqrt{\left(\frac{m}{y}\right)^2+1} + \left(\frac{m}{y}\right) \right] \right\}_R^{R+(R-Y)} = 0$ 従ってQと-Q
が同時に作用する場では $H-Z = S_1 + (-S_2) = \frac{Q}{4\pi k L} \ln \left\{ \sqrt{\left(\frac{m}{y}\right)^2+1} + \left(\frac{m}{y}\right) \right\}$
P点を流入部管壁に持ってくる

$$H-h = 1.15 \frac{Q}{\pi L k} \log \left\{ \sqrt{S^2+1} + S \right\} \text{ここに } S = \frac{m}{f} = \frac{L}{2f} \dots\dots (10)$$

$$Q = A k (H-h) \text{より } A = \frac{\pi L}{1.15 \log \left\{ \sqrt{S^2+1} + S \right\}} \dots\dots (11) \text{ (附図)}$$

以上のことを速度ポテンシャルについて考え $k_s = \phi_x - \phi$,
及 $-k_s = \phi_x - \phi_s$ とを組合わせると $\phi_x - \phi = k (H-Z)$
 $= k \{ S_1 + (-S_2) \} = \frac{Q}{4\pi L} \ln \left\{ \frac{\sqrt{(b_2-S)^2+S^2} + (b_2-S)}{\sqrt{(b_1-S)^2+S^2} + (b_1-S)} \frac{\sqrt{(b_1+S)^2+S^2} + (b_1+S)}{\sqrt{(b_2+S)^2+S^2} + (b_2+S)} \right\}$
今P点を流入部外壁にもつてくれれば $S = \frac{b_1+b_2}{2} = f, P=r$ であ
るから $k(H-Z)$ と求め分母を有理化すれば

$$A = \frac{\pi L}{0.575 \log \left\{ (\sqrt{S^2+1}+S)^2 (\sqrt{t^2+1}+t) / \sqrt{u^2+1} + u \right\}} \dots\dots (12)$$

$$\text{ここに } S = \frac{L}{2f}, t = \frac{2f}{r} - S, u = \frac{2f}{r} + S$$

$$f \text{が } 500\text{cm} \text{以上になれば } A = \frac{\pi L}{1.15 \log (\sqrt{S^2+1} + S)} \dots\dots (13)$$

流入部中点に原点を移し $\rho=Y$ とおけば $e^{\frac{4\pi k L (\phi-C)}{Q}} = \frac{\sqrt{(x-m)^2+Y^2} + (x-m)}{\sqrt{(x+m)^2+Y^2} + (x+m)}$ は一定の ϕ に対
して $\sqrt{(x-m)^2+Y^2} + \sqrt{(x+m)^2+Y^2} = 2a$ となり回転楕円体なることが容易に証明できる

(1) 山本, 堂腰 ピエソメーター式透水計の形状係数について (未発表)

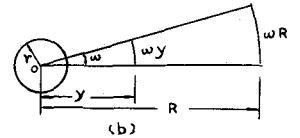
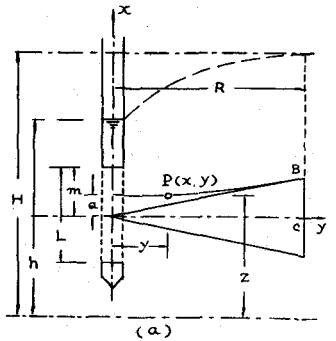


図-3

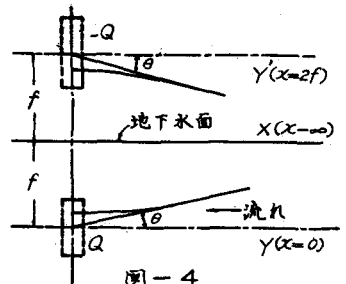


図-4

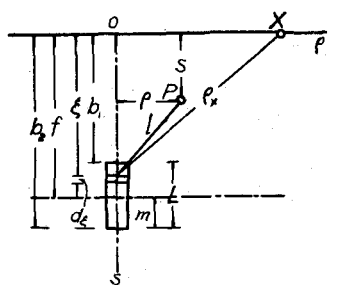


図-5