

浸透池底面に堆積した濁質膜の透水係数の経時変化

九州大学工学部 ○学生員 広城 吉成 正 員 神野 健二
正 員 上田 年比古 大石 秀人

1. まえがき

流出抑制や地下水人工涵養のための浸透施設、浸透池が各地で計画されている。これらの浸透施設の計画及び運用上問題になるのは、濁質による浸透能力の低下である。その原因は浸透層表面に濁質が堆積して生じる濁質膜と浸透層内部に濁質が抑留して生じる目づまりの二つが考えられる。本研究では浸透層表面上の堆積膜の形成の圧密過程を予測することを目的とし、これに必要な現象の基礎的把握を目的とした実験を実施した。

2. 基礎式 : 座標軸は図-1に示す実験装置のポーラストーン上面を原点とし上方にz軸をとる。

濁質膜に対する圧密方程式として次式を考える:

$$\partial \epsilon / \partial t = \partial (C_v * \partial \epsilon / \partial z) / \partial z - d(C_v * m_v * \gamma') / d \epsilon * \partial \epsilon / \partial z$$

$$= \partial (C_v * \partial \epsilon / \partial z) / \partial z - d \{ (\rho_s - \rho_f) (1-n) * k / \rho_f \} / d \epsilon * \partial \epsilon / \partial z$$

いま、 $g(\epsilon) = d \{ (\rho_s - \rho_f) (1-n) * k / \rho_f \} / d \epsilon$ とおくと

$$\partial \epsilon / \partial t = \partial (C_v * \partial \epsilon / \partial z) / \partial z - g(\epsilon) * \partial \epsilon / \partial z \quad \text{--- (1) となる。}$$

$g(\epsilon)$ については、予備実験で図-2に示す結果が得られたので、これを ϵ で微分して $g(\epsilon) = -0.00347 * 10^{-6} \epsilon^{-2}$ (2)

ここに $C_v = k / m_v * \gamma_w$, $\gamma' = (\rho_s - \rho_f) (1-n) g$, ϵ : 堆積膜の歪み, C_v : 圧密係数, m_v : 体積圧縮係数, γ' : 懸濁粒子の水中単位体積重量, n : 空隙率, k : 透水係数, γ_w : 水の単位重量, ρ_s : 固体粒子の密度, ρ_f : 流体密度

ところで、基礎式を数値計算によって解くには物理的なパラメータ

の他に、 $z=0$ および $z=H(t)$ での $\epsilon(z,t)$ の境界条件が必要となる。特に $z=H(t)$ での $\epsilon(z,t)$ の値については堆積膜の成長速度に直接影響があるものと考えられる。また、堆積膜の高さは浸透流量に影響するから、適切なモデル化が必要である。いま、時刻 t における堆積膜の高さを $H(t)$ とすると

$$dH(t)/dt = - \int_0^{H(t)} \partial \epsilon / \partial t dz + (q+v) \quad \text{--- (3)}$$

ここに、 q : 浸透流速, v : 粒子の沈降速度である。この式の第1項は堆積膜の圧密速度(-)を、また第2項は懸濁水の補給による堆積膜の成長速度を表している。つぎに、 $z=H(t)$ における $\epsilon(z,t)$ の境界条件については以下の実験によって検討を加えた。

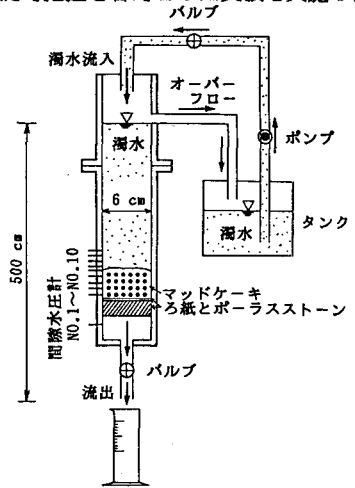
3. 実験

実験は、図-1に示すように、間隙水圧計(共和電業製、PGM-5KG)

を10ヶ設置し、データロガー(共和電業製、UCAM-5BT)によってパソコンに直接データを取り込むようにした。また浸透流量を経時的に測定し、パソコンのなかで透水係数及び歪みをオンラインで計算できるようにした。懸濁粒子には105~125ミクロンの博多湾ヘドロを用いた。

4. 実験結果

(1) 濁質膜形成による浸透能力の低下は、図-3のように実験開始後数10分でもかなり減少する。図中 Qt/Q_0 は初期流量に対する時刻 t での流量の比を表している。6時間後には初期流量の0.5%程度にまで減少していることが判る。図-4は堆積膜の成長高さをプロットしたものである。実験開始後の数10分までは濁質膜が比較的速い速



メスシリンダー
図-1 実験装置の概要

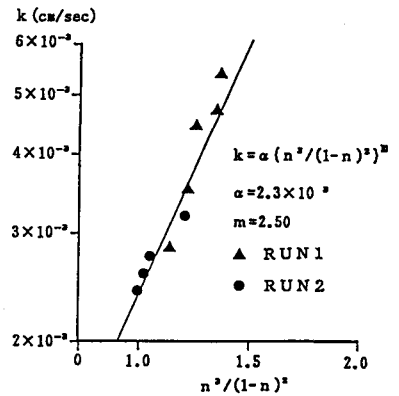


図-2 透水係数 k と歪み ϵ の関係

度で堆積している。そののち浸透能力の低下のため膜の形成速度は浸透流速による効果が小さくなり、粒子の沈降に対応した速さに変化していく。これは式(3)の第2項の浸透流速 q が小さくなってゆくことに対応する。図-3と図-4を比較すると流量の変化と堆積膜の成長速度に相関が見られる。図-5は堆積膜の表面付近(厚さにして5~8mm)の透水係数 k 及び歪み ϵ の変化をプロットしたのもである。これらによると k あるいは ϵ は時間に対してオーダー的には概ね一定である。従って $z=H(t)$ での ϵ の境界条件としては今回の実験からは0.1前後の値をとるものと考えられる。

5. むすび

今回の実験で得られた知見は、1)流量は堆積膜の形成によってかなり現象する。2)堆積膜の成長は前半部では浸透流量に対応した速度で、後半部では懸濁粒子の沈降速度に対応する。3)堆積膜の圧密は後半部で効果を表すと考えられるが、堆積膜上部の歪みが10%程度見込まれるから、この効果を考慮する必要があるものと考えられる。今後、実験回数を増やし、圧密方程式による現象の予測を図りたい。

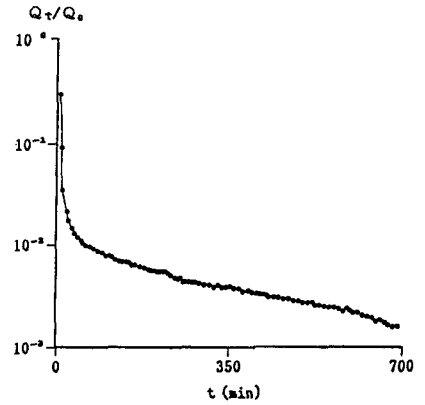


図-3 浸透流量の時間的変化

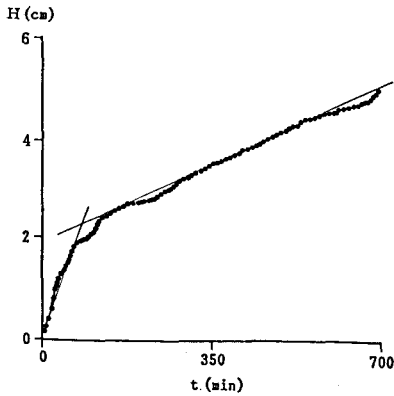


図-4 堆積膜の成長過程

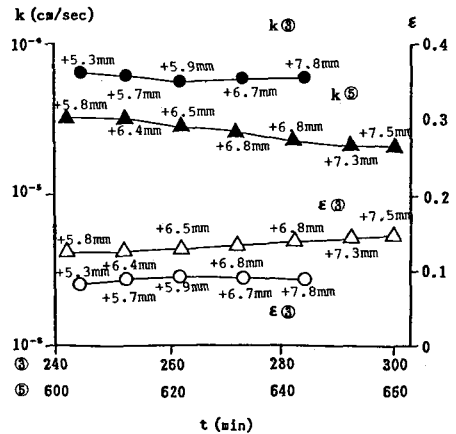


図-5 堆積膜上部の k 及び ϵ の実測値

legend: 記号③はマンメータ③~④の間に堆積膜の表面があることを表す。折線上の数値はマンメータ③上の堆積膜の厚さ、

謝 辞

本研究を行なうにあたり御尽力頂きました建設省熊本工事事務所の方々に深く感謝を致します。

参考文献

- 1) 三笠正人：軟弱粘土の圧密、鹿島出版会、1967