

II-91 浸透圧密による堆積膜の透水係数の変化

東京都立大学工学部 正 員 鍋山 隆 九州大学工学部 正 員 神野 健二
九州大学工学部 正 員 粕井 和朗 九州大学工学部 大石 秀人

1. はじめに

総合治水対策の一つとして、地下浸透施設が各地で検討・実施されている。浸透施設の管理・運営上、浸透施設に流入する濁質が浸透層内部あるいは表面に閉塞・堆積し浸透能力の低下が問題となる。浸透層内部での閉塞機構のメカニズムやその解析には濾過理論が適用できることは知られているが¹⁾、浸透層表面に堆積する堆積膜の浸透量への影響の解析は十分に行われていない。本研究では、濁質として高遊原高原の黒ボクを用い、その浸透特性の解析と堆積膜の成長を予測することを目的とし、そのための基礎的実験を行った。

2. 黒ボクの透水係数

浸透施設に入ってくる流量により、水頭差が変化する。従って堆積膜の圧密が透水係数を低下させることが考えられる。そこで、黒ボクの透水係数と空隙率との関係について検討した。本来水頭差を変化させて実験を行うべきなのだが、今回は適当な力で突き固めて空隙率を変化させ、変水位型透水試験を行った。その結果を図1に示す。透水係数と空隙率をKozenyタイプの関係式

$$k = \alpha \times \{n^3 / (1-n)^2\}^m \quad (1)$$

であらわす。測定値より $\alpha = 2.00 \times 10^{-17}$, $m = 20.0$ となる。間隙率の僅かな変化だけで透水係数が1オーダー変化する。これは黒ボクの空隙率は大きい、拘束水量も多いため自由に流動し得る自由水は少ないことによるものと考えられる²⁾。

3. 浸透実験

浸透実験は図2に

示す内径6.62cm、高さ5mの塩化ビニルパイプの流出口付近にポーラスストーンとろ紙を置き、上部より黒ボクの懸濁水

	流入濃度 (ppm)	平均粒径 (μm)	沈降速度 (cm/s)
ケース 1	1770	22	0.035
ケース 2	3950	55	0.221

表1 実験ケース

を流入させ、流量、ポテンシャル、及び堆積膜の高さを表1に示す2ケースについて測定した。図3において、ケース1はポーラスストーン上の高さ0.5, 1.5, 2.5cmでの、ケース2は高さ0.5, 1.5, 2.25, 2.75cmでの透水係数の変化を示している。堆積膜内部での透水係数は下部の方が上部より小さく、ケース1の方がケース2より小さな値を示している。黒ボクの浸透圧密効果により透水係数が低下するためである。図4は浸透断面

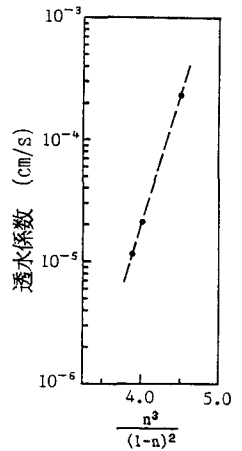


図1 黒ボクの透水係数

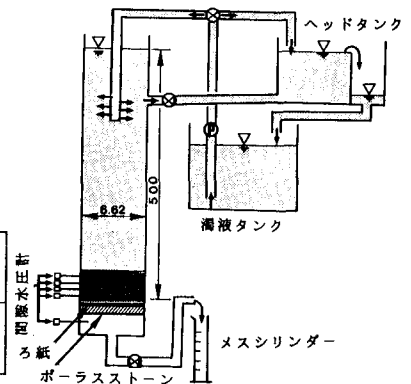


図2 実験装置

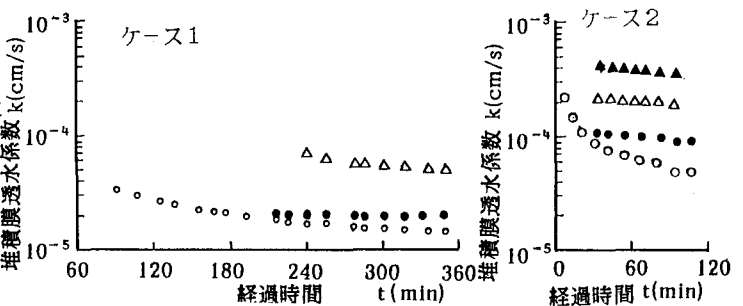


図3 堆積膜の高さの違いによる透水係数の変化

平均流速の経時変化で、実験開始後20分程度で急激に減少している。

15分まではケース1の方が断面平均流速は大きい、その後ケース2の方が大きくなる。初期は膜の厚さが影響し、その後は浸透圧密による透水係数の低下が影響するものと考えられる。次に、図5には堆積膜高さの実測値〔・〕、圧密を考慮した(2)式による計算結果〔——〕、圧密を考慮していない(3)式による計算結果〔-----〕を示す。堆積膜の成長は浸透流速と黒ボク自身の沈降速度による輸送効果、および堆積膜の圧密沈下に規定される：

$$H(t) = \left[\text{輸 送} \right] - \left[\text{圧 密} \right] \quad (2)$$

$$H_0(t) = \int_0^t [(v+v_0) \times c_0 / \{\gamma_s(1-n_0)\}] dt \quad (3)$$

ここに、 ε :ひずみ、 v :浸透断面平均流速(cm/s)、 v_0 :濁質の沈降速度(cm/s)、 c_0 :濁質の流入濃度(g/cm³)、 γ_s :粒子の単位体積重量(=2.34 g/cm³)、 n_0 :初期空隙率(=0.72)である。

・輸送効果の算定

v, c_0 は実測値を用い、 v_0 はストークスの式により得た表1の値を用いた。

・圧密沈下量の算定

圧密方程式

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = C_v \frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial z^2} \quad (4)$$

ここに、 C_v :圧密係数(=1.0×10⁻³g/cm²)

を境界条件、堆積膜上面では $\varepsilon=0$ 、底面では

$$\varepsilon = \varepsilon_1 \times \{1 - \exp(-\beta \times t)\} \quad (5)$$

ここに、 ε_1 :最終ひずみ、 β :定数

と仮定し、差分計算の後合計したものを沈下量とした。底面の境界条件は今後更に検討していく必要がある。

4. 結論

本研究では黒ボクを懸濁物質に用いた浸透実験を行い、透水係数、浸透流量の変化、堆積膜の成長について検討を加えた。得られた結果を要約すると以下のようである。

- 今回の実験では透水係数は10⁻⁴～10⁻⁵(cm/s)のオーダーで変化する。
- 透水係数は浸透圧密の影響を受け低下する。
- 浸透流量は初期の段階で急激に減少する。
- 堆積膜の厚さは圧密を考慮した(2)式でほぼあらわすことができた。

参考文献

- 上田年比古、神野健二、安田裕、重藤恵昭：懸濁物質による砂充填層内の目づまりと再揚水による透水係数の回復について、地下水学会誌、1983年、25、pp121～138。
- 山内豊聡監修：九州・沖縄の特殊土、九州大学出版会、1983年、pp.93～119。

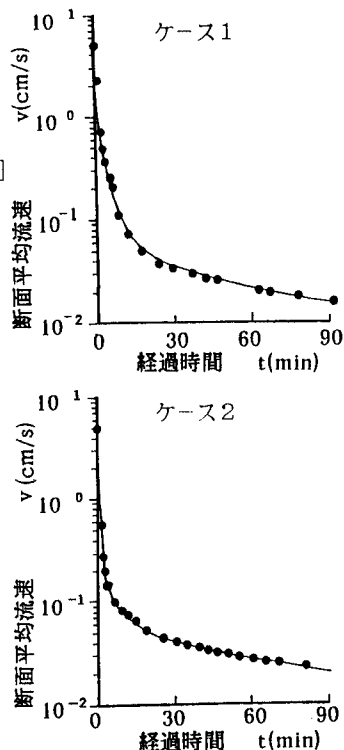


図4 浸透断面平均流速

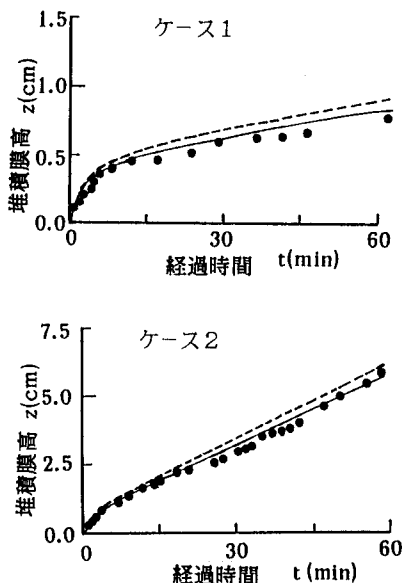


図5 堆積膜の成長過程