

浸透圧密による堆積層の透水係数変化

九州大学工学部 ○ 学生員 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 初井 和朗 上田 年比古 大石 秀人

1. はじめに

都市化あるいは宅地開発による降雨の地下浸透低下のため、洪水流出率の上昇と流出時間の短縮が都市河川の治水安全率低下を招いている。総合治水対策事業の一つとして、地下浸透施設が各地で検討されている。これは洪水流量の一部や平常時の余剰水を地下へ浸透させ、洪水流量の負荷を低減するとともに、地下水源を涵養するものである。この場合浸透施設の管理・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、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実施した。

2. 黒ボクの透水係数

黒ボクは、有機物を多量に含んだ黒灰色ないし黒褐色の火山灰質粘性土で、沖積世に堆積したロームの風化したものである¹⁾。実験に使用した試料は500 μ mメッシュを通過した黒ボクで比重は2.34である。粒度試験は、浸透実験終了後の堆積膜の試料について行った。図-1に結果を示している。なお、図中に示す注入前の粒度分布は堆積膜のそれとかなり異なっているの、浸透実験を行う際には実際に堆積した土の粒度分布と浸透流量との関連を論じる必要がある。さて、洪水の継続時間が長い場合には堆積膜が厚くなる。従って、堆積膜自身の浸透圧密が透水係数を低下させ浸透流量が減少することが考えられる。そこで黒ボク圧密特性について検討した。表-1に圧密試験で得られた圧密係数の値を示している。圧密試験の結果は安原氏の結果²⁾とオーダー的には概ね一致している。

図-2には透水係数を示している。図中の博多湾ヘドロ(C)と同様に、黒ボクの透水係数と空隙率 n がKozenyタイプの関係式

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

で表されるとし、横軸には $n^3 / (1-n)^2$ をとっている。

図中のAは圧密試験時で得られる透水係数で、筆者らおよび安原氏の結果は式(1)で表されるようである。しかしながら、文献1)では「地山の透水係数は比較的高く 10^{-4} cm/sのオーダー」といわれている。したがって、流入した黒ボクが堆積してゆく過程では通常の圧密試験で得られる透水係数より大きい値を示すことが考えられる。図中のBは水頭差5m下での浸透圧密予備実験で求めた透水係数を示していて、 10^{-3} (cm/s)の値をとっている。

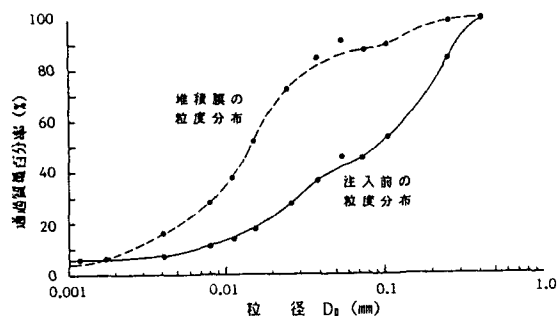


図-1 黒ボクの粒度分布

表-1 黒ボクの p - C_v の関係

平均圧力 p (kgf/cm ²)	圧密係数 $C_v \times 10^{-3}$ (cm ² /s)	
	筆者	安原 ²⁾
0.0125	—	27.20
0.0250	6.90	—
0.0750	3.21	28.60
0.1500	14.10	5.13
0.3000	4.93	7.18
0.6000	2.51	9.10
1.2000	5.21	10.30
2.4000	3.23	—
4.8000	1.31	—

3. 浸透実験：浸透実験は内径6.62cm、高さ5mの塩化ビニールパイプの流出口付近にポーラスストーンを置き、上部より黒ボクの懸濁水（平均流入濃度 $1.5 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$ ）を流入させ、流量、ポテンシャル、及び堆積膜の高さを測定した。図-3は浸透断面平均流速の経時変化で、実験開始後60分程度で急激に減少している。図-4はポーラスストーン上の高さ1.5cm、2.5cm、3.5cmでの透水係数の変化を示している。黒ボクの浸透圧密効果および堆積膜自身の自重のため透水係数が低下する。また堆積膜内部での透水係数は下部の方が上部より小さいことがわかる。次に図-5には堆積膜の時間的変化を示す。堆積膜の増加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：

$$\begin{array}{c} \text{輸送} \quad \text{圧密} \\ H(t) = H_0(t) - \int_0^t e^{-\frac{H_0(t)}{D_p}} dz \end{array} \quad (2)$$

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

ここに、 e ：自然ひずみ(-)、 v ：浸透断面平均流速(cm/s)、 v_0 ：粒子の沈降速度(cm/s)、 c_0 ：濁質の流入濃度(g/cm³)、 γ_s ：粒子の単位体積重量(=2.34g/cm³)、 n_0 ：初期空隙率(=0.74)である。図中の曲線群は式(3)において $D_p=0.050, 0.055, 0.060(\text{mm})$ として、 $H_0(t)$ を求めたものである。ここでの計算には圧密の効果を考慮していないが、おおまかな傾向は捉えられている。

4. 考察：本研究では黒ボクを懸濁物質に用いた浸透試験を行い、透水係数、浸透流量の変化について検討を加えた。その結果、実験を行った範囲では透水係数は $10^{-3} \sim 10^{-4}(\text{cm/s})$ で変化すること、流量は急激に低下することなどがわかった。今後は空隙率と透水係数の関係式、堆積膜の圧密計算を行い、現象の定量的評価を行いたい。

謝辞：圧密実験を行うにあたり本学土質実験室より有益な御助言を頂いた。ここに記して感謝いたします。

参考文献：1) 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。 2) 安原一哉：火山灰土の2次圧密について、九州大学卒業論文、1968年。

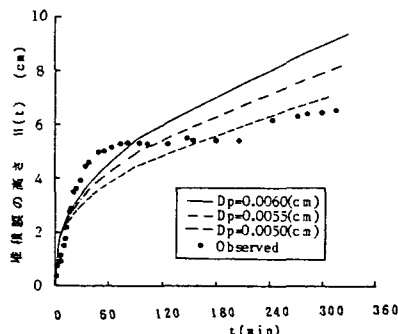


図-5 堆積膜の増加

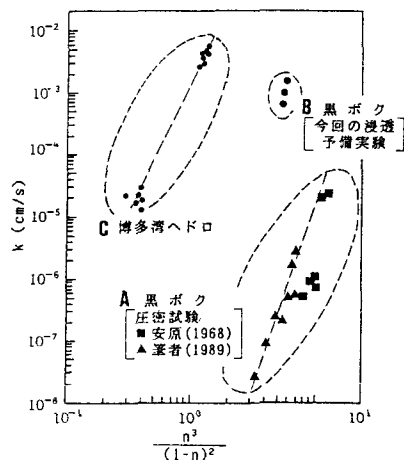


図-2 黒ボクの透水係数

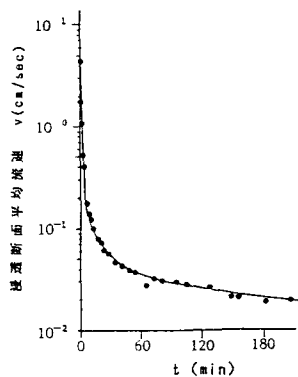


図-3 浸透断面平均流速の変化

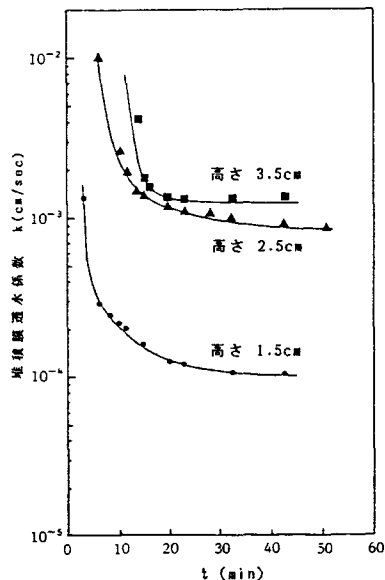


図-4 透水係数の場所的变化