

低透水性粘性土に対する透水性評価手法の開発に関する基礎的研究

岡山大学環境理工学部 正会員 西垣 誠
 岡山大学環境理工学部 正会員 小松 満
 岡山大学大学院 学生会員○大滝 育実

1. 研究背景および目的

本研究は、廃棄物最終処分場における遮水材の安全性を評価するために、遮水材に用いられている粘土ライナーである低透水性粘性土の透水性を原位置で迅速かつ正確に計測できる試験方法の開発を目的としている。その方法として、浸潤面を計測することで透水係数を求める既存の Air Entry Permeameter 法を粘性土に対して短時間で試験が完了するように改良を行う。そこで本報では試験法開発にあたって問題となる低透水性粘性土において、Green-Ampt モデルが適用可能であるかを検討した結果について報告する。

2. 低透水性粘性土の Green-Ampt モデルへの適応性の検討

前述のように既存の原位置透水試験である Air-Entry Permeameter を低透水性粘性土でも対応できるように改良するためには、ベントナイト混合土が Green-Ampt モデルに適合すること(ピストン型の浸潤面が形成される)を確認する必要がある。Green-Ampt モデルにより透水係数は式(1)が得られる。

$$k = \frac{\beta}{t} \left\{ z_f + (H_0 + H_c) \ln \left(\frac{H_0 + H_c}{H_0 + H_c + z_f} \right) \right\} \quad (1)$$

ここで、 k ：透水係数(cm/sec)、 β ：有効間隙率、 t ：試験時間(sec)、 z_f ：浸潤深さ(cm)；(センサー先端深さ)であり、その他のパラメータは図-1に説明する。ここで有効間隙率 β は体積含水率を測定することで次式により得られる。

$$\beta = \theta_s - \theta_0 \quad (2)$$

ここで、 θ_s ：浸潤後の体積含水率、 θ_0 ：供試体の初期の体積含水率である。また有効間隙率 β は試験時に流入流量を測定することでも得られる。

$$\beta = Q / (A \cdot z_f) \quad (3)$$

ここで、 Q ：流入流量(cm^3)、 A ：供試体の断面積(cm^2)である。

3. 供試体および試験用水

本研究では、現場で実際に施工されている条件をもとにベントナイト混合土を含水比8%に調整し、乾燥密度 $\rho_d = 1.75 \text{ g/cm}^3$ に締固めた供試体を使用した。ベントナイト混合土の配合は乾燥重量比で、Na型ベントナイト：碎石=13：87である。試験に水を使用した場合、ベントナイトは水によって膨潤し透水係数が経時的に変化するため、試験用水として膨潤の小さな8% (80,000ppm) 塩水を使用した。

4. ベントナイト混合土の物理特性の把握

4-1 間隙水圧計によるサクシヨンの測定

間隙水圧計を用いて地盤のサクシヨン U_c' の測定を行った。通常の方法では、サクシヨンの測定は困難であるが、供試体に空気圧を加えることで、測定を可能にした。なお、この方法で定常状態にな

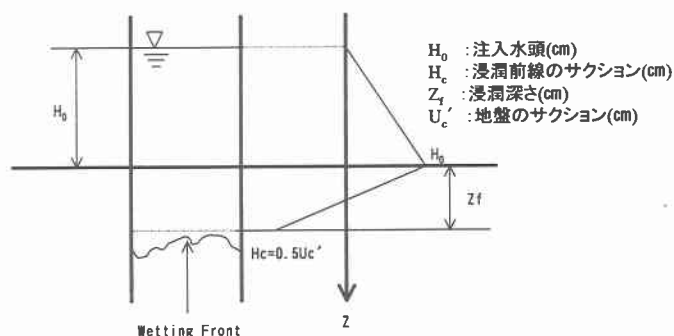


図-1 Green-Ampt モデルにおける浸潤面と圧力分布

るまでには、12 時間程度要した。その結果 8%塩水によってセラミックを脱気した場合の地盤のサクシオンとして、 $Pa=1,852\text{ cm}$ が得られた。

4-2 ベントナイト混合土の飽和透水係数

加圧型透水試験により、ベントナイト混合土の飽和透水係数 k_{sf} を求めた。その結果を図-2 に示す。8%塩水を使用した場合は、 $k_{sf}=2.49\times10^{-5}\text{ cm/sec}$ 、水を使用した場合は、 $k_{sf}=2.95\times10^{-8}\text{ cm/sec}$ となった。8%塩水通水後、水に置換したところ、6 時間余りで透水係数のオーダーが 10^{-7} まで低下した。したがって、8%塩水で透水試験を行った場合でも、水に置換することでベントナイト混合土は遮水性を得ることがわかった。さらに、塩水を用いた試験結果から逆に水の透水係数を推定することが可能である。

5. 鉛直浸潤試験

粘性土において Green-Ampt モデルが成立するかを確認するために注入圧を 300cm 与えた一次元の鉛直浸潤試験を行った。モデルの成立が確認されると、通水後の体積含水率の分布より、浸潤後の体積含水率 θ_s' 、初期の体積含水率 θ_0' を求め、式 (1)、(2) を使用して透水係数を求めることが可能である。試験結果の概念図を図-3、試験結果を図-4 に示す。試験結果より、浸潤後の体積含水率 θ_s' と初期の体積含水率 θ_0' の間に移行区間が 1 cm 弱見られるが、これはフィンガリングの影響と考えられる。したがって Green-Ampt モデルに必要とされるピストン型の浸透をしており、Green-Ampt モデルが成立するとみなせる。なお、試験結果より、浸潤後の体積含水率 θ_s' が約 0.30 となり、この時の飽和度は約 86%まで上昇することがわかった。

6. 結論

- (1) 透水試験に塩水を用いた場合でも、その後水で塩水が置換されれば、ベントナイト混合土の遮水性は発揮される
- (2) 注入圧を与えた場合、ベントナイト混合土において Green-Ampt モデルは成立する

7. 今後の課題

- (1) 原位置において、高いサクシオンを測定する方法の検討
- (2) 浸潤前線におけるサクシオン H_c (現時点では $H_c=Pa/2$ としている、 Pa : 地盤のサクシオン) の値の検討
- (3) 原位置試験の実施および測定精度の検討

【参考文献】1) 地盤工学会：不飽和地盤の透水評価手法ワークショップ '97，不飽和地盤の透水評価に関する研究委員会成果報告書，pp59-67，1997。 2) 西垣誠，小松満：ベントナイト混合土の透水性評価手法に関する研究，土木学会第 56 回年次学術講演会講演概要集，Ⅲ-A263，pp. 526-527，(2001)。

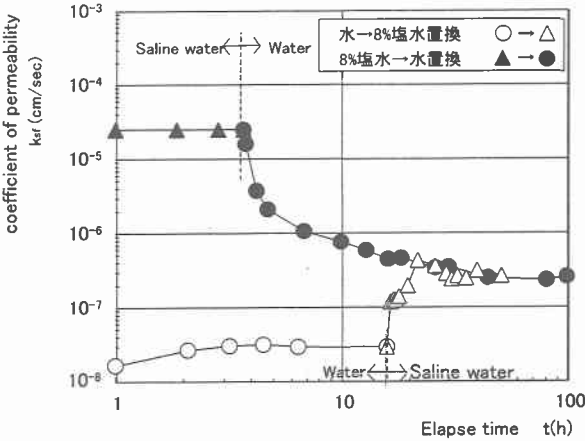


図-2 塩水・水置換による飽和透水係数の変化

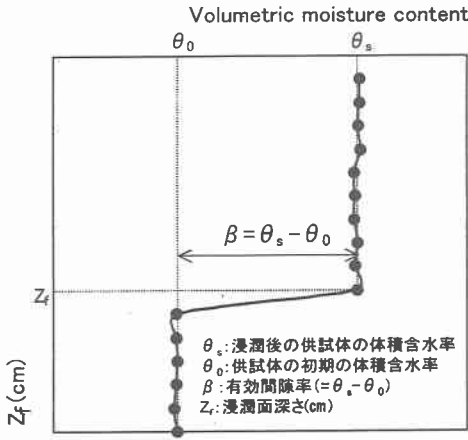


図-3 体積含水率曲線の概念図

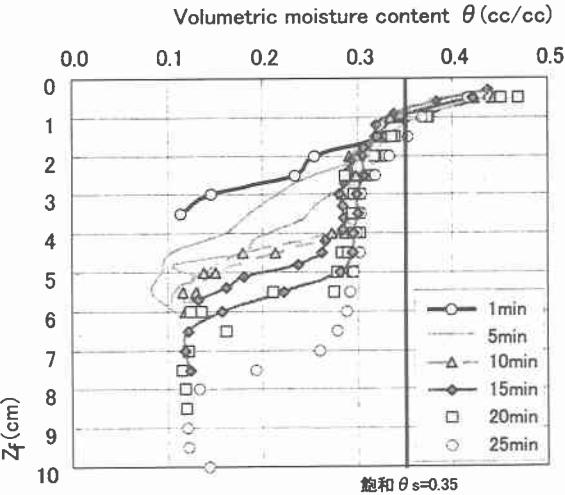


図-4 鉛直浸潤試験結果