

FDR-V 装置を用いた原位置における透水性評価手法に関する研究

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も短時間で試験が完了するように改良を行う。本研究では、従来評価が困難であった浸潤面の測定に複素誘電率計測法(FDR-V 法)を使用した方法を提案する。

2. ベントナイト混合土の水分量モニタリング手法¹⁾

土中の水分量の違いによって、誘電率は異なる。複素誘電率計測法(FDR-V 法)は、その違いを利用することで土中の水分量変化を測定することが可能である。FDR-V 法の特徴は、同軸プローブを使用するためピンポイントで水分量測定が可能である点である。本研究では、測定値の安定している出力周波数 1GHz を使用し、体積含水率の変化を測定した。今回使用した FDR-V 装置によって得られる誘電率と体積含水率の関係を示した校正曲線を図-1 および次式に示す。

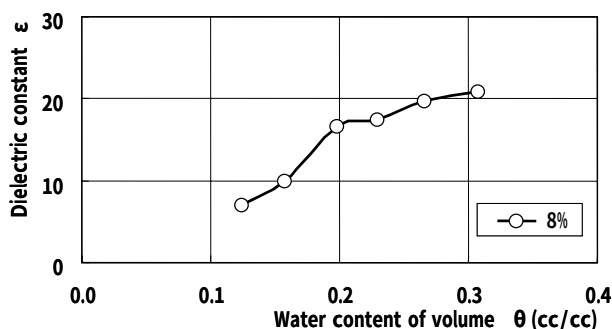


図-1 FDR-V 装置校正曲線

$$\theta' = 1.31 \times 10^{-4} \epsilon^3 - 4.78 \times 10^{-3} \epsilon^2 + 6.34 \times 10^{-2} \epsilon - 0.131 \times 10^{-1} \quad (1)$$

$$R^2 = 0.992$$

この校正曲線は、初期含水比 8% (初期体積含水率 0.14) の試料に体積含水率が 0.03 ずつ増加するように 8% 塩水を試料に加え、それぞれを乾燥密度 $\rho_d = 1.75 \text{ g/cm}^3$ に締固めた供試体を使用し、それぞれの供試体における体積含水率と誘電率の関係をグラフにしたものである。

3. 供試体および試験用水

本試料として、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。試験用水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% 塩水を使用した。ベントナイト混合土を含水比 8% に調整し、乾燥密度 $\rho_d = 1.75 \text{ g/cm}^3$ に締固めた供試体に対し、間隙水圧計を用いた地盤のサクション U_c' の測定を行った。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ョンは、 $P_a = 1,852 \text{ cm}$ となった¹⁾。

5. FDR-V 法を使用した原位置透水試験

原位置を想定して、締固めたベントナイト混合土を対象に FDR-V 装置を使用した透水試験を行った。試験装置を図-2 に示す。浸透セルを通水開始

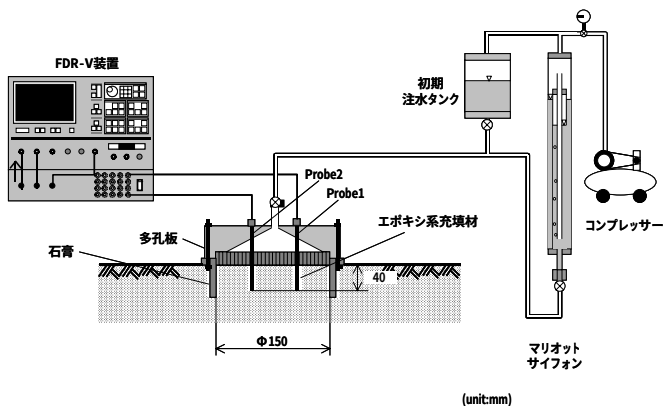


図-2 FDR-V 装置を使用した原位置を想定した試験装置概要

キーワード 廃棄物処分場, 低透水性粘性土, 透水係数, 原位置試験, 不飽和土

連絡先 〒700-0082 岡山市津島中 3-1-1 岡山大学環境理工学部環境デザイン工学科 TEL086(251)8864

後に塩水で満たすために設置した。また、FDR-V 装置のセンサーは確認のために2本挿入した。得られた体積含水率の変化を図-3に示す。体積含水率は急激に上昇した時点での体積含水率を θ_s' 、時間を t とする。試験結果より、Probe2は理想的な体積含水率の上昇が現われ、浸潤後の体積含水率 θ_s 、初期の体積含水率 θ_0 ともに鉛直浸潤試験で得られた値に近い結果が得られた。一方、Probe1はなだらかな上昇にとどまった。この理由として、センサー設置時に供試体とセンサーの間に水道が出来てしまった等が考えられる。

6. 鉛直浸潤試験¹⁾

Green-Ampt モデルがベントナイト混合土においても成立することはすでに確認されている¹⁾。鉛直浸潤試験では、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 が得られるため、これらを式(2)、(3)に代入することで透水係数を求めることが可能である。鉛直浸潤試験結果を図-4に示す。

$$k = \frac{\beta}{t} \left\{ z_f + (H_0 + H_c) \ln \left(\frac{H_0 + H_c}{H_0 + H_c + z_f} \right) \right\} \quad (2)$$

$$\beta = \theta_s - \theta_0 \quad (3)$$

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)、 H_0 ：注入水頭(cm)、 H_c ：浸潤前線のサクション(cm)、 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。

7. Green-Ampt モデルへの適用

鉛直浸潤試験の結果およびFDR-V法を使用した原位置を想定した透水試験によって得られた結果をGreen-Amptモデルに適用する。これまでに得られた結果をそれぞれ式(2.1)および式(2.2)に代入し、透水係数を求める。結果を図7.1に示す。その結果、鉛直浸潤試験による透水係数に比べ、Probe1は若干小さくなったが、どちらのプローブも大きな差はみられなかった。したがって、FDR-Vによってある程度正確な透水係数を得ることが出来た。

8. おわりに

FDR-V装置を使用する透水試験によって妥当な透水係数が得られるという結果が得られた。しかし、現在の方法では試験に要する時間と手間が多く、今後それらを軽減する改良が必要である。また、FDR-V センサーの先端位置を深くし、地表の影響を受けにくい位置で計測が可能であるか検討する必要がある。さらに原位置での締固めの不均一性を考慮できる指標の作成を行う予定である。

【参考文献】1)西垣誠,小松満,大滝育実：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,H14年度土木学会中国支部研究発表会概要集(投稿中)

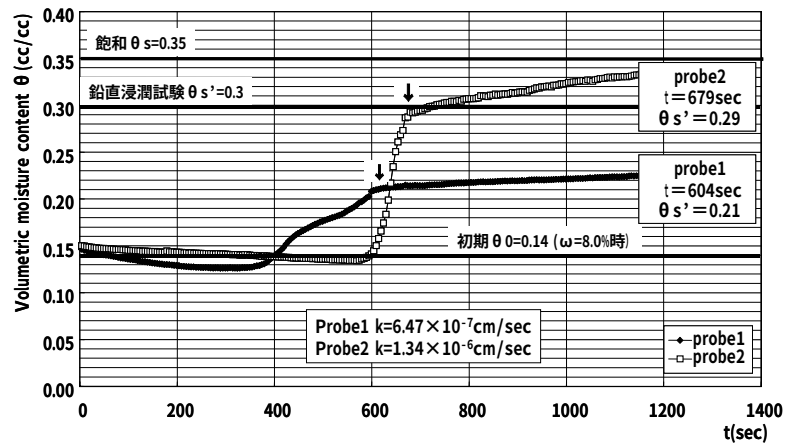


図-3 FDR-Vによる体積含水率測定結果

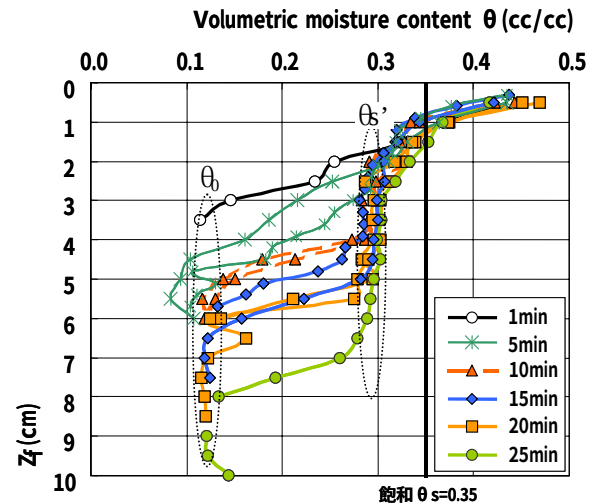


図-4 鉛直浸潤試験結果

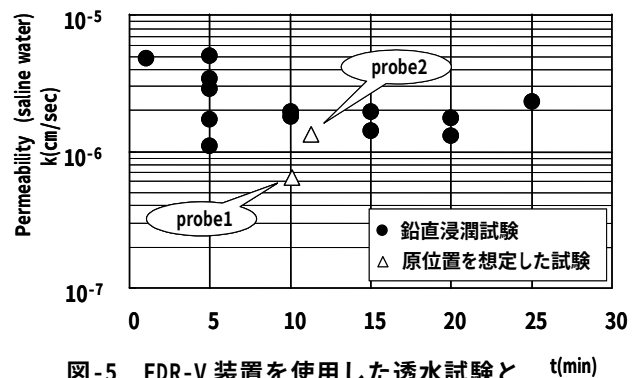


図-5 FDR-V装置を使用した透水試験と鉛直浸潤試験による透水係数の比較