

粘性土の原位置透水試験法に関する研究

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 ○長井いづみ

1. はじめに

最終処分場の遮水構造として用いられる粘土シール材は極めて低透水性のため、既存の原位置透水試験によって迅速に透水係数を求めることは困難である。そのため、遮水構造の定量的性能評価手法が確立されていないのが現状である。そこで、本研究では、既存の原位置透水試験法である Air-Entry Prememater¹⁾を改良し、同軸プローブの先端面のみの反射特性を利用するため、ピンポイントでの水分量の測定が可能な複素誘電率計測法²⁾を用いて浸潤面の到達位置をリアルタイムで計測する低透水性粘性土に対する原位置透水試験法を提案する。

2. 複素誘電率計測法による水分量変化の測定

複素誘電率は、出力周波数と水分量その他、土質構造などによっても変化し、原位置で水分量の変化を測定するには事前にその挙動について検討する必要がある。そこで、実際に最終処分場で用いられているベントナイト混合土に対してキャリブレーションを行った。図-1 に出力周波数 3GHz における複素誘電率の温度依存性を、図-2 に体積含水率と出力周波数 3GHz における複素誘電率との関係を示す。図-1 に示すように温度依存性は明確にはみられなかった。そのため、温度依存性はないものと考えた。次に体積含水率と複素誘電率について回帰分析を行い、校正式(1)を得た。

$$\theta' = 2.87 \times 10^{-5} \epsilon'_{f3}{}^3 - 1.32 \times 10^{-3} \epsilon'_{f3}{}^2 + 3.27 \times 10^{-2} \epsilon'_{f3} - 5.67 \times 10^{-2} \tag{1}$$

ここで、 θ' ：算出体積含水率(cm^3/cm^3)、 ϵ'_{f3} ：出力周波数 3GHz における複素誘電率実数部である。

3. 原位置透水試験法の開発

今回提案する試験法の特徴としては、浸潤面の到達時間を知るために FDR-V 装置²⁾を用いること、粘土シール材が極めて低透水性であるために浸透する流量も小さくなるため、流速の測定に測定範囲が 5~100g/hour である微流量計を用いることが挙げられる。

試験方法としては、試験器具(図-3 参照)を準備し、モールド内の空気が完全に抜けるまでタンクから給水する。その後、マリOTTシステムからの給水、複素誘電率・流量の測定を同時に開始し、地盤がほぼ飽和となった場合の誘電率になった時点で給水を停止し、即座にモールド内の圧力を計測する。また、透水係数の算出には Green-Ampt モデルを用いる。

この試験方法の妥当性を検討するため、施工中の粘土シール材に対し原位置透水試験を行った。この結果、

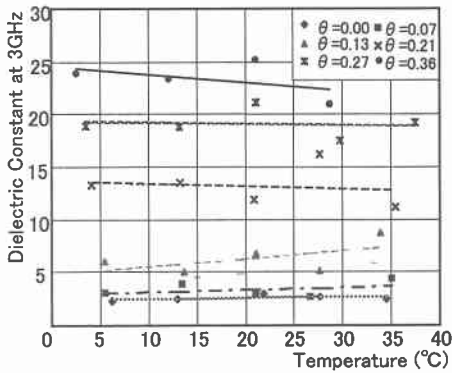


図-1 複素誘電率(3GHz)の温度依存性

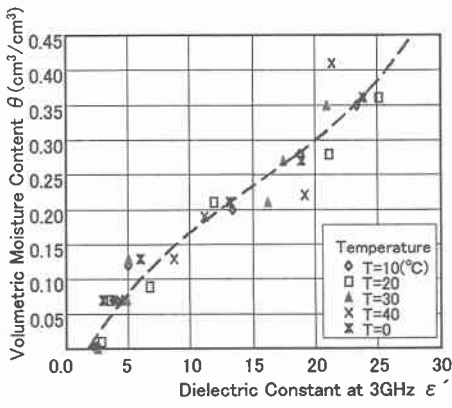


図-2 体積含水率と複素誘電率(3GHz)の関係

図-4 に示すように試験地盤内の体積含水率は緩やかに上昇し、浸潤面が現れなかった。

浸潤面が現れなかった理由として、プローブと試験地盤との間にわずかな水みちができ、プローブ先端の水分量が徐々に上昇したということが考えられる。これについて検証するため、締め固めたベントナイト混合土の上部から水を浸透させ、その後含水比の分布を測定したところ、深さ方向に緩やかに含水比が減少し、浸潤面は現れなかった。よって、浸潤面が現れなかった原因が、水みちによるものではなく、ベントナイト混合土には浸潤面が現れなかったことを確認した。

Green-Ampt モデルを用いるためには、浸潤面が明確に現れることが重要である³⁾。よって、現時点の結果のみでは Green-Ampt モデルが成立するとは言い難い。

4. 浸潤面位置の測定に対する検討

FDR-V 装置を用いて浸潤面位置の測定が可能であるかどうか検証を行った。2mm ふるいによってふるったまさ土を含水比 7.0% に締め固めた後、FDR-V プローブを挿入し、上部から、水を浸透させたところ、図-5 のように急激に複素誘電率が上昇し、その間に浸潤面がプローブ先端面に到達したことがわかる。したがって、FDR-V 装置によって浸潤面の深さを測定することは可能であることを確認した。

5. おわりに

本研究では、粘土シール材の水分移動を測定するために、複素誘電率から体積含水率を表現できる 3 次式による回帰曲線を示した。これを用いて、原位置透水試験の適用を検証した結果、粘土シール材には浸潤面が現れず現時点では透水係数の算出が困難である。また、FDR-V 装置を用いて体積含水率の経時変化を測定できた。今後は、空気圧によって強制浸透させた際の浸潤面の有無について検討し、さらに、浸透を行った際のベントナイト混合土中の圧力水頭の分布の測定を行い、Green-Ampt モデルへの適応について検討する必要がある。

【参考文献】

- 1) Bouwer H. : Rapid Field Measurement of Air Entry Value and Hydraulic Conductivity of Soil as Significant Parameters in Flow System Analysis, Water Resources Research, Vol.2, No.4, pp.729-738, 1966.
- 2) 西垣誠, 小松満, 熊本創, 二宮功: 複素誘電率計測法を用いたベントナイト混合土のキャリブレーションに関する一考察, 第 34 回地盤工学研究発表会発表講演集, pp.219-220, 1999.
- 3) Shlomo P. Neuman : Wetting Front Pressure Head in the Infiltration Model of Green and Ampt, Water Resources Research, Vol.12, No.3, pp.564-566, 1976.

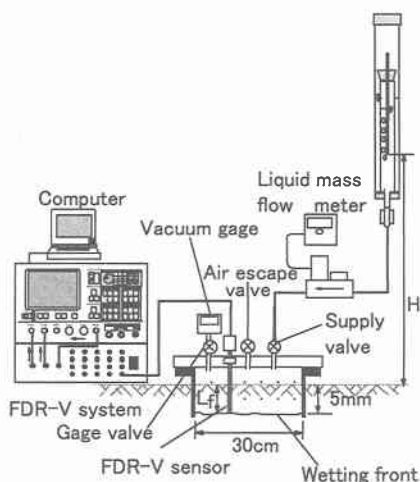


図-3 試験装置概略図

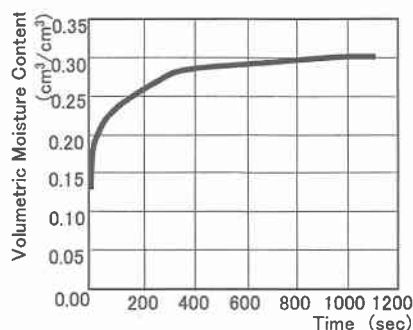


図-4 体積含水率の経時変化

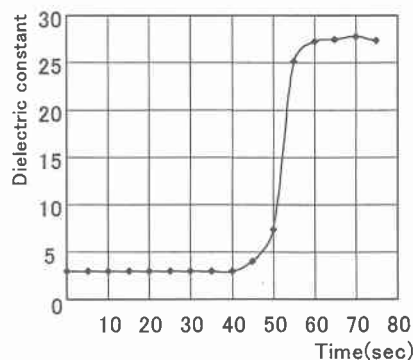


図-5 まさ土の浸潤面位置の測定