

FDR 法によるベントナイト系材料の浸潤挙動の測定方法に関する研究

岡山大学大学院 正会員○小松 満
同 正会員 西垣 誠
(株)間組 正会員 千々松正和
(独)日本原子力研究開発機構 正会員 中間 茂雄

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物地層処分において、ベントナイト系材料を緩衝材として用いることが検討されており、その止水性の確認のために水分量変化挙動を正確に捉えることが重要である。しかし、その測定方法は確立されていないことに加えて、ベントナイト中の微小な水分量変化を測定する装置は皆無であるのが現状である。そこで本研究では、ベントナイト内の水分量測定手法の確立を目的に、複素誘電率を測定する FDR-V (Frequency Domain Reflectometry with Vector network analyzer) 法の適用性について検討した。これまでに、種々の水分量に調整したベントナイトブロックに対する測定から誘電率と体積含水率の関係を求め、校正曲線を作成するとともにその精度について検証した¹⁾。また、経時的な測定の際に発生する温度変化やケーブル環境変化に起因するノイズのフィルタリング方法について、大気開放センサーのデータを用いる方法を示した²⁾。さらに、ドーナツ型(中空円筒)緩衝材供試体を用いて水分量測定用センサーとしての適用性を検討した³⁾。今回は、長期測定を目的とした埋設型センサーを試作するとともに、一次元浸潤実験を行い、その測定精度について検討した結果について報告する。

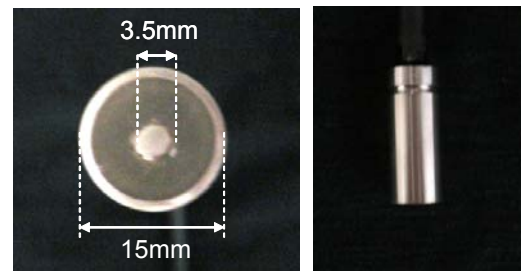


写真-1 埋設型センサー (左：断面，右：側面)

2. 埋設型センサーの製作

長期的なモニタリングではセンサーの腐食や、ベントナイトの膨潤による圧力増加に伴う変形などが測定値に影響を与える可能性がある。そこで、これらに耐えうる埋設型センサーを試作した。センサーの導体とシールド部分には耐久性のある SUS-316 を用い、エポキシ樹脂で絶縁した。作成したセンサーを写真-1 に示す。直径はφ15mm、長さは約50mmである。

3. 埋設型センサーを用いた浸潤試験

次に、試作したセンサーを用いて一次元浸潤試験を実施した。試験装置は、図-1 および写真-2 に示すように、試料(φ50×H50mm)をアクリルカラムに入れ、中心高さ25mmにセンサーを挿入して固定した。なお、センサーがベントナイトに完全に密着するため、乾燥したベントナイト粉末をセンサー挿入前に投入した。

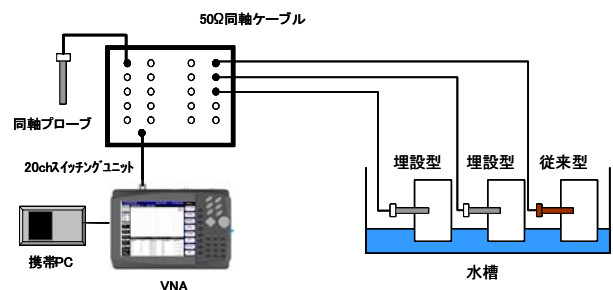


図-1 一次元浸潤試験装置略図

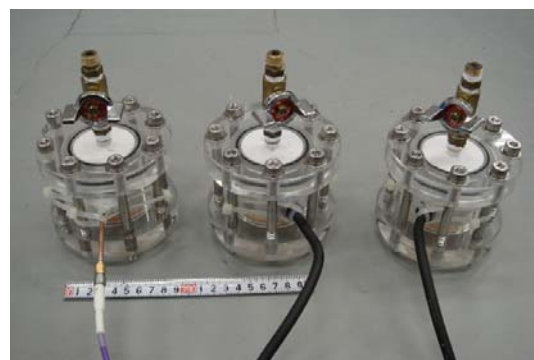


写真-2 試験装置

キーワード：誘電率，体積含水率，ベントナイト

連絡先：〒700-8530 岡山市津島中 3-1-1 Tel:086-251-8160, Fax:086-251-8167

試験方法としては、水道水を入れた水槽に試験装置を浸し、底部から浸潤を開始した。また比較のため、試作した埋設型センサーを設置した 2 個と従来型センサーを設置した 1 個（銅製の同軸タイプ）を用いた。

試験結果として、図-2 に誘電率の経時変化を示す。大気開放センサーの測定値を基に補正をすることで、温度変化等に起因するノイズをキャンセルした²⁾。次に、図-2 の結果から温度変化を考慮した校正曲線²⁾を基に体積含水率に換算した結果を図-3 に示す。なお、熱-水-応力連成解析コード「THAMES」⁴⁾による解析結果を併せて示す。また、測定精度の検証のため、時間差を設けて試料を解体し、含水量測定からセンサー付近での体積含水率を求めた。図-3 に示す結果を見ると、埋設型センサーの測定精度は従来型とほとんど変わらない。また、供試体解体時の結果ともほぼ整合しており、その差も約 5%以内である。なお、データの一部で低下と上昇を繰り返す傾向を示しているのは、急激な気温の変化を生じた場合に、ノイズ補正が完全でない（気温とベントナイトの温度の乖離が生じているため）ことを示している。また、測定開始から数日間は、センサーを挿入する際に孔内とセンサーを密着させるために用いたベントナイトの乾燥粉末の水分量が平衡するまでに要した期間である。

4. まとめ

本研究では、原位置におけるベントナイト内の水分量測定手法の確立を目的に、複素誘電率を測定する FDR-V 法の適用性について検討した。具体的には、長期測定を目的とした埋設型センサーを試作するとともに、一次元浸潤実験を行い、その測定精度について解析値と解体時における供試体の含水量測定値をもとに検討した結果、良好な精度が得られた。

今後の課題としては、実際の現場レベルにおける実証試験でその適用性を検証することが挙げられる。また、ベントナイトの膨潤による密度変化に対する影響についても検討する必要がある。

【参考文献】

- 1) 西垣誠・小松満・千々松正和：FDR 法による高配合圧縮ベントナイト系材料の水分量測定方法に関する研究，日本地下水学会 2005 年秋季講演会講演要旨，pp.260 - 265，2005。
- 2) 小松満・西垣誠・浜崎聡・千々松正和：FDR 法によるベントナイト系材料の温度変化を考慮した水分量測定方法に関する研究，第 43 回地盤工学研究発表会，D-04-547，pp.1093-1094，2008。
- 3) 中間茂雄・藤崎淳・鈴木英明・藤田朝雄・千々松正和：緩衝材中水分量測定用センサーの適用性確認試験，日本原子力学会 2008 年秋の大会，M28，p.724，2008。
- 4) 千々松正和・谷口航・鈴木英明・西垣誠：熱-水-応力連成モデルを用いた高レベル放射性廃棄物の地層処分におけるニアフィールド評価，土木学会論文集 No.687，pp.9 - 25，2001。

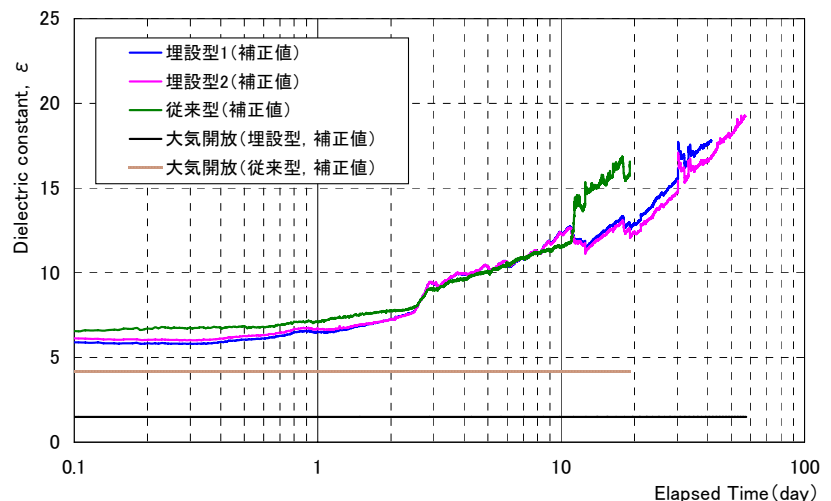


図-2 誘電率の経時変化

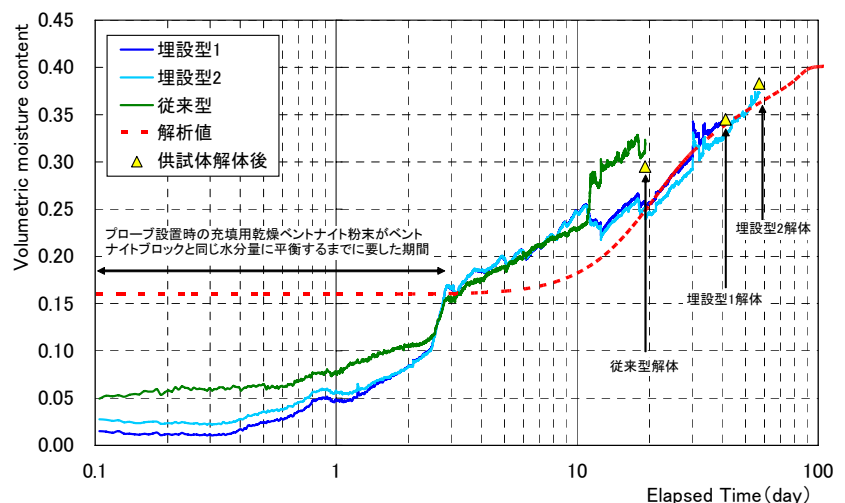


図-3 体積含水率換算結果と解析値および解体時との比較