

ベントナイト系材料の水分量計測に関する研究

岡山大学 正会員 小松 満

岡山大学 学生会員 ○佃 明恵

スイス放射性廃棄物管理共同組合 正会員 榎 利博

1. はじめに

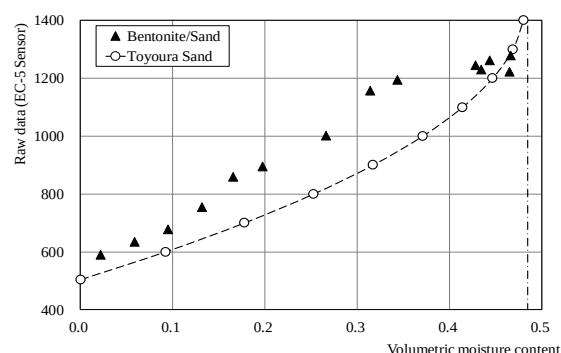
放射性廃棄物地層処分に關する研究において、緩衝材及び処分坑道の埋戻し材の再冠水挙動を評価することが重要な課題となっている。そこで、本研究ではベントナイト系材料に対する原位置で水分量をモニタリングする手法の開発を目的とし、従来の手法よりも比較的安価な市販の静電容量センサの適用性について検討している。前報¹⁾では、その基礎的な研究として、乾燥重量割合で山形県産Na型ベントナイト70%と珪砂30%の混合材料に所定の水分を加えて締め固めた供試体に対する測定を実施し、校正曲線(出力値と体積含水率の關係)の特徴について考察するとともに、これまで同様の測定において実績のあるFDR-V法と比較した。その結果、**図-1**に示すように両センサともに水分量の増加に伴い出力値が増加する状況を示した。しかし、静電容量センサにおいて水分量が高い領域で感度が低下する状況が見受けられた。Kellenersらが静電容量法を用いてベントナイトの誘電率を測定した結果²⁾では、同様に高含水状態の感度が低下する傾向が示されていることから、静電容量型のセンサ特有の現象である可能性が高いと判断した。本報では、高含水領域での静電容量センサの精度を再確認する目的で実施した次元浸潤試験の結果について報告する。

2. 試料及び試験装置

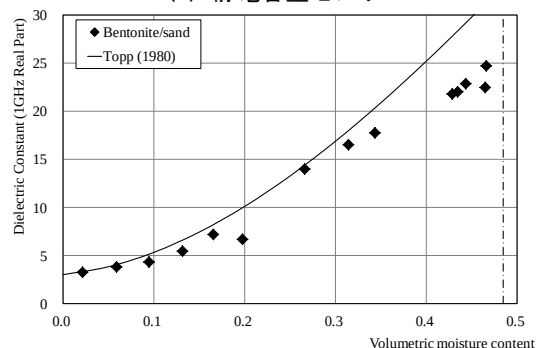
試験に用いた試料は山形県産Na型ベントナイトと岐阜県産砂の混合材料であり、配合割合は先の校正測定時と同じベントナイト70%と砂30%である。炉乾燥させたベントナイト混合材料を十分に攪拌した後、あらかじめセンサを取り付けた容器に設定した乾燥密度(1.6g/cm³)になるようにφ10cm×6cmの亚克力製カラム内に締め固めた。試験装置の概略図を**図-2**に示す。FDRセンサ及び静電容量センサは供試体中央高さに設置し、上部に供試体の体積膨張を防ぐ目的でメタルフィルターを敷設し、下部には徐々に冠水が進行するようにセラミックディスクを設置した。ここで、セラミックディスクの空気侵入値は300kPa、飽和透水係数は 2.11×10^{-7} (m/s)である。注水は供試体下部に接続した三重管マリョットビュレットに250kPaの背圧を加えて実施し、ビュレット内の水位変化から注水量を算出した。

3. 試験結果

注水量と供試体内での平均の体積含水率の経時変化を**図-3**、各センサの出力結果を**図-4**に示す。水分量の増加に伴い、徐々に計測値が上昇する挙動を示した。供試体の間隙率が40%であることから、体積含水率が0.40の点に達した時点が飽和状態の



(a) 静電容量センサ



(b) FDR-V法

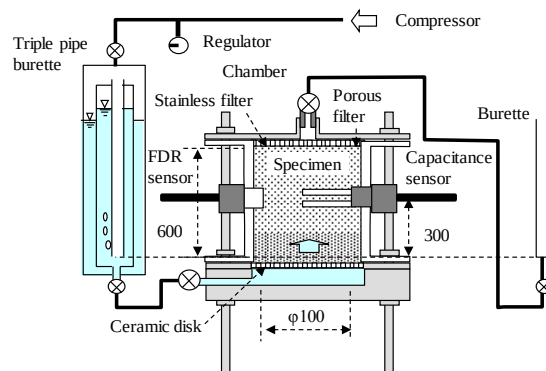
図-1 ベントナイト混合土の校正結果¹⁾に一部追加

図-2 冠水試験装置概略図

キーワード：ベントナイト，体積含水率，静電容量センサ，再冠水

連絡先：〒700-8530 岡山市北区津島中 3-1-1 岡山大学大学院環境生命科学研究科 Tel:086-251-8160

目安である。ただし、ベントナイトの吸水膨張のため、実際には体積含水率が 0.425 を超えた付近から注水量が急激に増加したことから、その時点（約 480 時間経過後）で供試体を浸潤前線が通過したものと判断し、飽和状態と判断した。ここで、各センサの挙動を比較すると、静電容量センサの反応が早く現れているが、これは計測範囲の違い（FDR-V センサは中心高さから約 2cm であるのに対し、静電容量センサは約 4cm）に起因している。次に、**図-5** に **図-1** から得られた校正曲線を適用して体積含水率の経時変化をまとめた。FDR-V センサは計測範囲が狭いことから、途中で急激に値が上昇した後、注水量から算出した結果と整合した。その一方、静電容量センサは注水初期から徐々に値が増加しているが、注水量から算出した結果よりも低い値を示した。そこで、注水量から算出した体積含水率とセンサ出力値との関係に対して校正曲線と比較した結果を **図-6** に示す。低～中水分領域では計測範囲の影響で差異が認められるが、高水分領域でも同じ出力値に対して 0.05 程度の誤差を含んでいる。原位置試験での埋戻し材は自然含水比状態の砂礫が用いられるため初期水分量が高いことから、再冠水挙動を適切に評価する上では、飽和付近での測定精度が必要になるため、校正方法を再考する必要があることが判明した。

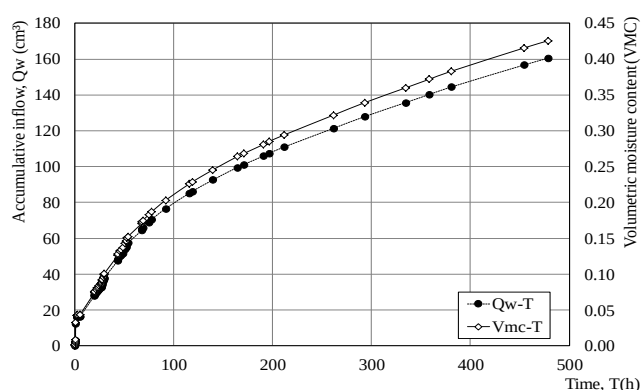


図-3 注水量及び体積含水率の経時変化

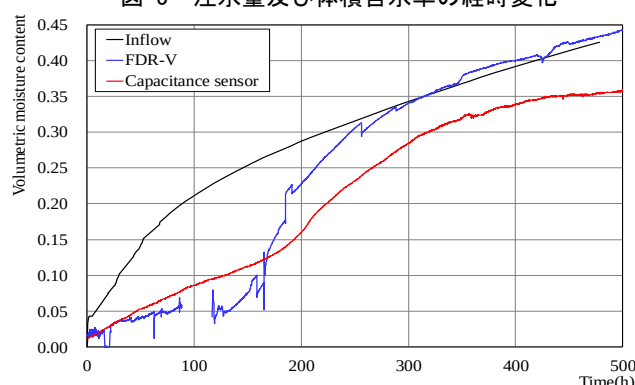


図-5 供試体の体積含水率と各センサの計測結果の比較

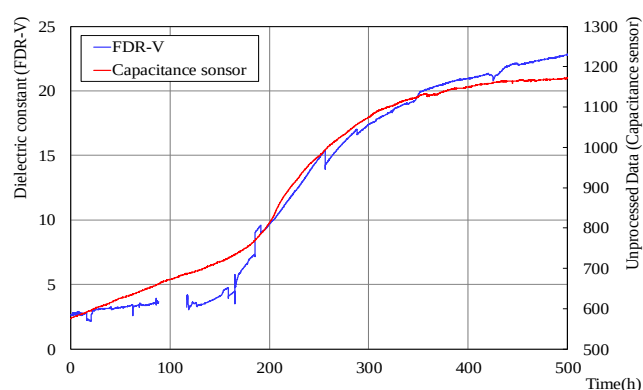


図-4 静電容量センサ及び FDR センサ出力結果

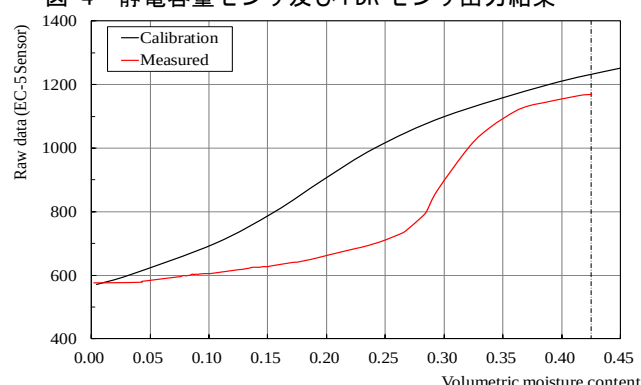


図-6 静電容量センサによる測定結果と校正曲線の比較

4. まとめ

本研究では、ベントナイト系材料の水分量に対する計測手法に着目し、市販の静電容量センサの適用性について検討した。具体的には、処分坑道の埋め戻し材としての利用が計画されているベントナイト混合土を締め固めて作製した供試体に対して浸潤試験を実施し、水分量の増加挙動を確認した結果、市販の静電容量センサでの測定に一定の可能性を確認することが出来たが、飽和付近での測定精度の向上がさらに必要であることが判明した。

謝辞 本研究における室内試験の実施にあたり、川俣源喜氏（平成 27 年 3 月岡山大学卒業、現玉野市）に多大なご尽力を頂きました。ここに記して謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 小松満・佃明恵・榊利博：静電容量センサによるベントナイト系材料の水分量計測に関する研究，土木学会中国支部研究発表会，Ⅲ-50，2014.
- 2) Kelleners, T. J., D. A. Robinson, P. J. Shouse, J. E. Ayars and T. H. Skaggs: Frequency Dependence of the Complex Permittivity and Its Impact on Dielectric Sensor Calibration in Soils, Soil Sci. Soc. Am. J., Vol.69, pp.67-76, 2005.