

不飽和ベントナイトの含水量と弾性波速度の関係

岡山大学 学生会員 ○廣田 彰久
 岡山大学 正会員 木本 和志
 東京工業大学 非会員 木村 駿
 東京工業大学 非会員 木倉 宏成

1. はじめに

原子力発電による使用済み核燃料を安全に処分するための方法として、我が国では地層処分が検討されている。この仕組みは、天然の地質環境が持つ天然バリアと工学的な対策を実施した人工バリアを組み合わせた多重バリアシステムである。人工バリアはガラス固化体、オーバーパック、緩衝材で構成される。地層処分の長期安定性評価の上で重要となるのは、人工バリア内での放射性核種の移行であり、その挙動を詳細に把握することが求められている。

人工バリアの中でも緩衝材には、地下水の移行を緩慢にし、放射性核種を吸着することで核種の移行を抑制する機能が期待される。この材料としてベントナイトの利用が検討されている。ベントナイトの性能を評価するには、ベントナイト中の飽和過程を把握する必要がある。そこで本研究では、弾性波の一種である超音波を用いてベントナイト中の水分分布を計測し、飽和過程を把握しようと考えた。具体的には、所定の含水量、乾燥密度を持つ不飽和圧縮ベントナイトの弾性波計測を行い、その結果から弾性波速度と含水量、粘土膨潤状態との関係を調べた。

2. 実験手順

(1) 供試体作成手順

ベントナイトは、モンモリロナイトを主成分とする粘土である。本研究では、緩衝材への適用性として、クニピア F の Na 型ベントナイトを使用した。クニピア F は、その組成の 99% がモンモリロナイトである。

1) 使用するベントナイト試料 (10g) を恒温乾燥炉に入れ、120℃で24時間乾燥する。

2) 目標含水量から試料と水の質量を決定し、小型粉砕機で攪拌する。同条件で攪拌した試料を batch1, 2 と表現し、batch14 まである。また含水量を外観に応じて (A)16%以下, (B)16~24%, (C)24%以上の3つに分類

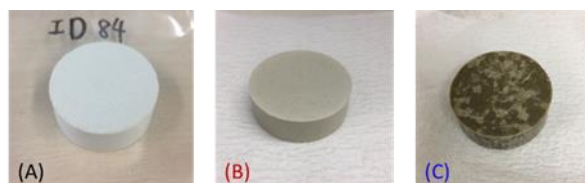


図-1 含水比毎の供試体の外観の違い

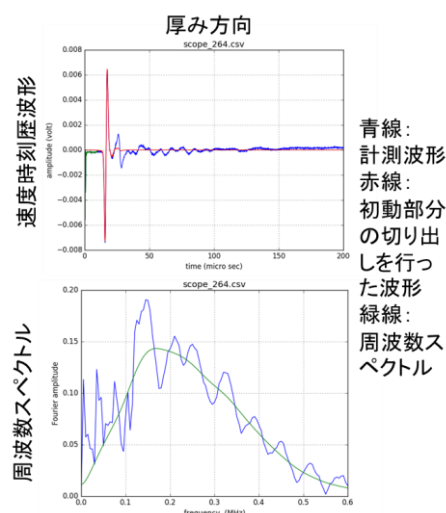


図-2 弾性波計測により得られた波形の例

した (図-1 参照)。

3) 攪拌した試料を円筒状のモールドに入れ、15 分間一定荷重を載荷する。荷重は、1batch 内で 100~500kgf の 5 パターンとした。供試体寸法は直径 30 ± 0.1 mm, 厚み 8.81~12.80 mm である。なお、供試体は 68 個製作した。

(2) 計測内容

まず弾性波計測を実施する。この計測においては縦波と横波を使用し、供試体の厚みおよび直径方向に対して実施した。また各含水量において供試体の膨潤状態を粉末 X 線回折より調べた。

3. 計測結果と考察

(1) 弾性波計測

図-2 に縦波センサーで計測した波形と周波数スペクトルの代表例を示す。まず計測した波形に窓関数をか

キーワード ベントナイト, 地層処分, 超音波計測

連絡先 〒700-8530 岡山市北区津島中 3-1-1 環境理工学部 TEL 090-8231-8995

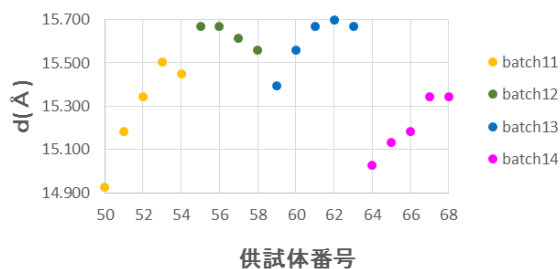


図-3 平均含水比(%)と底面間隔d(Å)

け、波形を切り出す。そしてフーリエ変換し、周波数スペクトルを求めた。参照波形はポリカーボネートとし、初期位相分を補正し計測パターン毎に群速度を求めた。

(2) 粉末 X 線回折

batch11~14 の供試体で実施した。底面間隔 $d(\text{\AA})$ と各 batch の平均含水比を図-3 に示す。ベントナイトの主成分であるモンモリロナイトの底面間隔は一層膨潤状態で約 $10\text{\AA}$ 、二層では約 $15.7\text{\AA}$ なので、本研究で作成した含水比範囲では全て二層膨潤状態であることがわかった¹⁾。

(3) 供試体含水比と弾性波速度の関係

2.(1)で記述した含水比グループ(A)~(C)についてそれぞれの群速度(group velocity)を算出し、かさ密度(bulk density)との関係を調べ、比較した。図-4 に各グループでの関係を横軸にかさ密度、縦軸に群速度をプロットした。上から(A), (B), (C)の順で、各グループでさらに含水比を 2 分してある。この結果を見ると含水比が小さい(A)では、かさ密度の増加に伴い群速度は大きくなっている。また含水比の増加によっても群速度が増加していることから、水が粘土分子の結合に果たす役割は大きいといえる。また(B)ではかさ密度の増加に伴う群速度の増加が顕著となった。ただし含水比が大きくなるにつれ、群速度が小さくなる場所が見られ、供試体内の水分増加により横波が伝播しにくくなったとされる。(C)では P 波の群速度が他と比べ大きい値となった。一方で SH 波は(B)と同様の値を示しており、他と比べると厚みおよび直径方向の群速度の差は見られない。これは含水量が多いことが考えられる。

4. まとめ

本研究では、弾性波計測を用い、ベントナイト内の水挙動を推定するための基礎研究として、群速度と不飽和圧縮ベントナイトの含水量の関係について調べた。いかに得られた知見を示す。

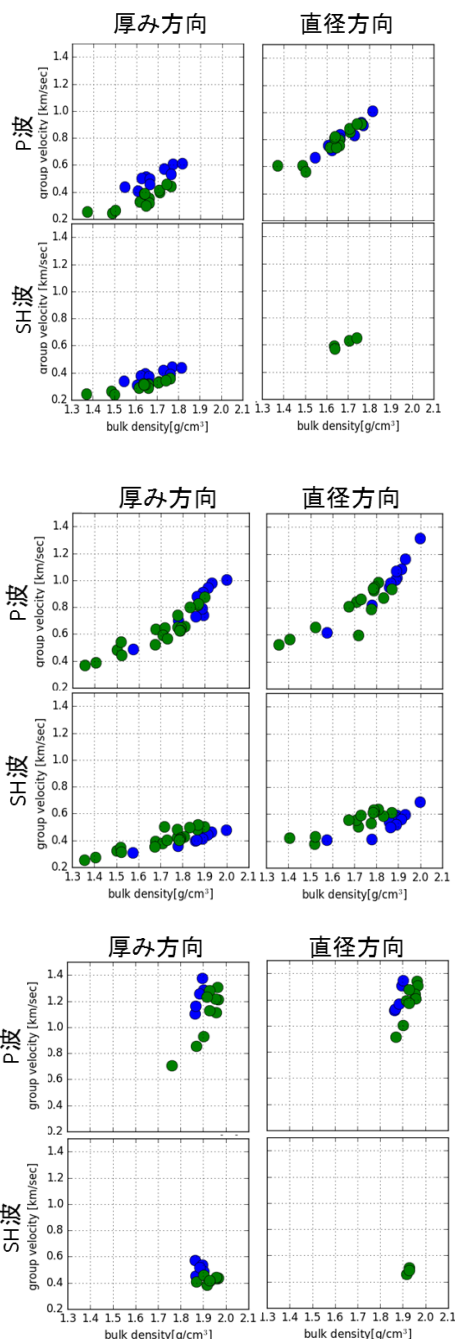


図-4 各計測でのかさ密度と群速度の関係

- 1)横波の透過波は含水比24%以下で水分量の影響を受けやすく、同程度のかさ密度では透過波により、含水比を3~4%で識別できる。
- 2)含水比が大きくなると厚みおよび直径方向の群速度の差が小さくなる。これにより、2方向の計測から供試体の異方性について検討が可能となる。

参考文献

- 1) Journal of The Clay Minerals Society devoted to clays in the earth, environment, technology and industry : clays and clay minerals, Vol.57, No.2, p.155, 2009.