

不飽和ベントナイトにおける低周波超音波の伝播速度測定

岡山大学	正会員	○木本 和志
岡山大学	非会員	市野瀬 裕樹
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. 研究の目的

わが国の高レベル放射性廃棄物の地層処分計画では、地下水の浸透抑制、自己シール性および核種遅延効果が期待できることから、ベントナイトが緩衝材の候補材料として検討されている。ベントナイトを緩衝材として使用する場合、施工は不飽和状態で行われるため、再冠水時の水分浸透挙動を評価することが重要となる。そのための簡便な方法として、電磁波や弾性波による非破壊検査を行うことが考えられる。本研究では、弾性波の一種である超音波を用いて、不飽和ベントナイトの水分量を評価することが可能か否かを判断するための、基礎的な検討として、飽和度の異なるベントナイト試料を用いて縦波音速の計測を行った。本稿では、その結果得られた、水分量と飽和度および間隙比の関係を報告する。

2. 実験方法

2.1 試料作製方法

実験試料の作成には、クニミネ工業(株)製ナトリウム型ベントナイト・クニピア F を使用した。粘土試料は最初に恒温乾燥炉により 100°C で 24 時間乾燥させて絶乾状態にし、所定の含水比となるようミキサーを用いて試料と水を混合した。試料に加えた水をミキサーで十分に攪拌した後、含水した試料を図 1 に示すようなモールドに入れ、油圧ジャッキで 200kgf の荷重を 15 分程度加えて圧縮成型した。なお、成型後の試料サイズは図 1 に示す通りである。作成した試料は、全ての超音波計測を終えた後、炉乾燥を行って重量を計測することで、飽和度、間隙比、密度等を算出した。以上の方法により、乾燥密度 1.36~1.57[g/cm³]、飽和度 48.2~91.2%の試料を合計 25 個作成し、各々に対して次に述べる方法で超音波計測を行った。

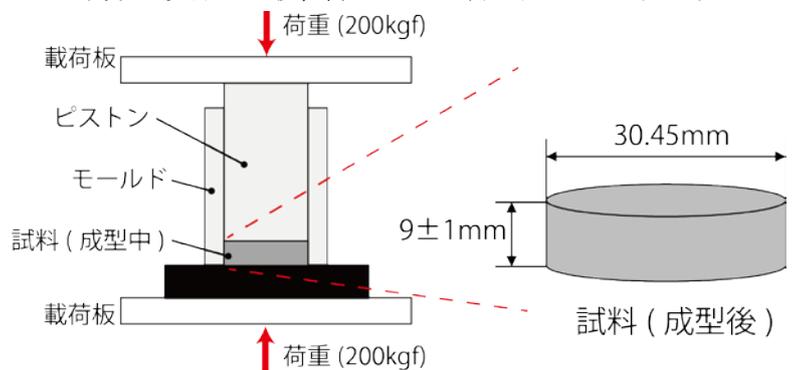


図 1 不飽和ベントナイト試料の成型方法。

2.2 超音波計測方法

超音波計測装置の構成を図 2 に示す。超音波の送受信は垂直縦波 (B1C20N, 中心周波数 1MHz, 素子径 20mm) の接触型圧電探触子を用い、透過法で行った。送信探触子の駆動と、受信信号の増幅にはパルサー/レシーバー (Olympus square pulser/receiver 5077PR) を用いた。送信探触子の駆動に用いた電圧波パルスは、パルス高さ 300V、幅 0.5 μ 秒の矩形パルスであり、受信波形はパルサー/レシーバで 22dB のゲインで増幅をかけた後、デジタルオシロスコープに転送する。オシロ

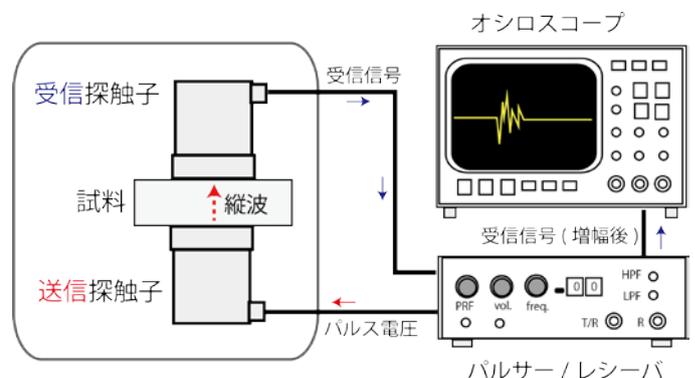


図 2 超音波計測装置の構成。

キーワード ベントナイト, 超音波, 飽和度, 伝播速度

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 kimoto@cc.okayama-u.ac.jp

コープでは 1024 回の平均化を行い、その結果得られた透過波形を保存する。図 3 は、以上の方法で得られた透過波波形の一例を示したものである。本研究では、このような透過波形の立ち上がり位置を読み取ることで縦波の伝播時間を求め、試料厚さを透過距離として用い、縦波音速を実験結果から算出した。

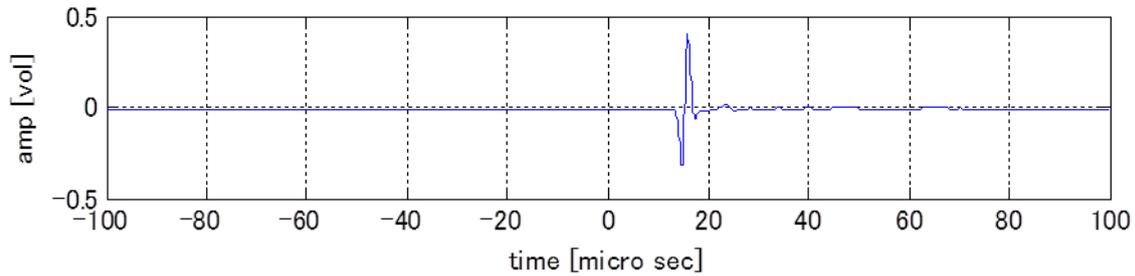


図 3 計測した透過波形の一例。

3. 実験結果

図 4 および図 5 に、計測波形から得られた縦波音速を示す。これらのうち図 4 は縦波音速[m/sec]と間隙比の関係を、図 5 は音速と飽和度の関係を示したものである。音速は、間隙比の増加に対して減少傾向を、飽和度の増加に対しては増加の傾向を示している。このことは、間隙比の増加は土粒子骨格系が与える試料剛性の低下につながることで、飽和度の増加は間隙部分の圧縮性を低下させることにつながることで予想されることから合理的な傾向と言える。また、音速は 580~1200[m/sec]の範囲にあり、これは水中の音速である 1,500[m/sec]よりも明らかに小さい。このことは、粘土試料内部の液相領域は、超音波によって生じる程度の微小なひずみレベルにおいて力学的に連結しておらず、Biot の理論をはじめとする混合体理論によるモデル化が適切でないことを示唆しており興味深い。なお、図 4 および 5 において赤で示した点は、別途行ったレーザー振動計による詳細な超音波計測の結果から、試料の不均質性が高いと疑われる場合の結果である。これら赤で示される点を除いて、回帰直線を求めた結果を音速と飽和度の場合に示すと、図 5 の破線のようになる。この直線の傾きは、10.4[m/sec]であった。

4. まとめ

水分量の異なる不飽和ベントナイト供試体を用いて、縦波音速の計測を行った。その結果、縦波音速は、間隙率と飽和度によって変化すること、特に、飽和度と明瞭な相関が認められることが明らかとなった。飽和度と縦波音速の関係を回帰直線で近似すると、飽和度 1%に対して 縦波音速は約 10.4m/sec 増加することが分かった。今後、音速と飽和度の関係をより精密に計測することができれば、超音波トモグラフィーにより不飽和ベントナイトの水分量マップを作成するなどの展開が期待できる。

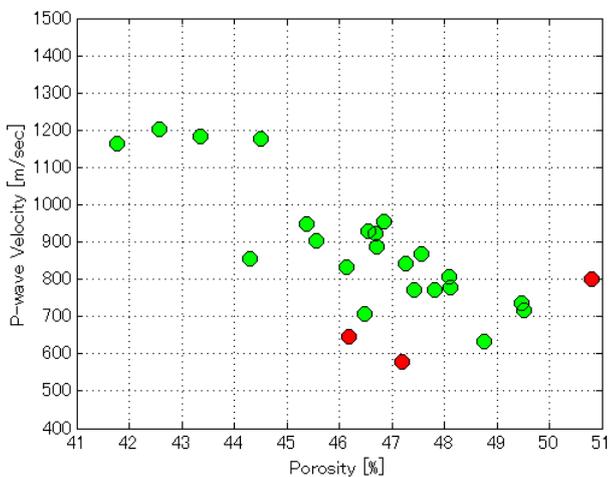


図 4 縦波音速と間隙率の関係。

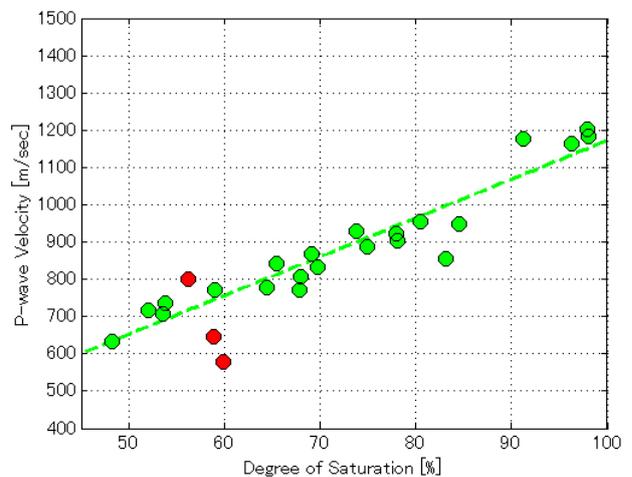


図 5 縦波音速と飽和度の関係。