

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	超音波を用いた地層処分における粘土材料を対象とした水分量計測に関する研究
Title(English)	Study on water content measurement for clay material in geological disposal by ultrasonic technique
著者(和文)	木村駿
Author(English)	Shun Kimura
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10811号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:木倉 宏成,小原 徹,赤塚 洋,相樂 洋,塚原 剛彦
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10811号, Conferred date:2018/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	要約
Type(English)	Outline

## 論文要約

### 超音波を用いた地層処分における粘土材料を 対象とした水分量計測に関する研究 (Study on water content measurement for clay material in geological disposal by ultrasonic technique)

理工学研究科原子核工学専攻 木村 駿

高レベル放射性廃棄物の地層処分においては、超長期の安全性評価のために多重バリアシステムに用いられる粘土材料の地下水挙動の解明が強く求められている。そこで、本論文では超音波計測技術を応用することで、粘土材料内に含まれる水分量を非破壊かつ非侵襲に評価する手法を開発した。まず、粘土材料に含まれる水分量と超音波の伝搬速度の相関関係を調査し、伝搬速度から水分量を推定することを検討した。また、レーザー振動計を用いて粘土材料内の超音波の伝搬過程を実験的に観察し、超音波の伝搬時間に基づいた水分量の空間分布推定手法の検討を行った。以上、開発した手法を粘土材料の模擬試験体を用いて試験を行い、開発した手法の有効性を示した。

以下に本論文各章の内容を概説する。

第1章では「緒言」と題して、研究背景、粘土材料の水分挙動に関する従来研究および超音波による粘土材料での計測事例について紹介し、本論文の目的と概要を述べた。

第2章では「超音波伝搬速度による圧縮ベントナイト中の水分量計測技術の開発」と題して、超音波の縦波および横波の伝搬速度を測定するための手法を確立するとともに、粘土材料中の水分量と超音波の伝搬速度を実験的に調査した。地層処分において人工バリアの緩衝材に用いられる圧縮ベントナイト中では、超音波の減衰が大きく受信波の波形が大きく歪むために時間領域における信号処理手法での伝搬時間同定が困難であるという課題があった。そこで、高減衰特性材料における伝搬時間の同定のために位相スペクトルに着目した周波数領域での信号処理手法を提案した。提案した手法の検証のために、Na型ベントナイトであるクニピア-Fの圧縮供試体を用いて縦波と横波の伝搬速度測定を行い、超音波の減衰が大きい材料中においても伝搬時間同定が可能であるとの見通しを得た。その後、圧縮供試体の飽和度を50–100%の範囲における伝搬速度測定により、飽和度の増加により伝搬速度が増加することを示した。加えて、測定した縦波および横波音速を用いて弾性係数を評価することで、弾性係数の一つである体積弾性率とベントナイト圧縮供試体の飽和度との相関が高いことを示した。以上の結果より、飽和度80%以上の領域において体積弾性率から飽和度が推定可能であることが示唆された。

第3章では「圧縮ベントナイト中の超音波伝播挙動観察システムの構築」と題して、圧縮ベントナイト中の超音波の伝播挙動を実験的に把握することを目的にレーザードップラー振動計を用いた振動計測システムを構築した。超音波による空間的な水分量分布計測を実現するにあたり重要になるのは、媒質中での超音波の伝播挙動を把握することである。まず、Na型ベントナイトであるクニピア-Fの圧縮供試体を用いた縦波超音波の観察実験を行い、伝播速度が異なる2つの領域の境界面において反射および透過することを確認した。さらに、圧縮ベントナイトの透過波の計測を構築したシステムを用いて行い、伝播速度の変化を伝播時間の変化として計測することが可能であり、この時間変化が観察された領域と伝播速度が異なる領域が一致することを示した。この結果により、圧縮ベントナイト中の水分量の空間的な分布が超音波の伝播速度の変化として計測可能であると結論付けた。加えて、構築したシステムにより、超音波トランスデューサからの入力振動速度の計測を行い、ベントナイト内部での超音波強度を計算することで超音波計測によるベントナイト内部の発熱量を評価し、超音波計測による急激な温度変化がないことを示した。

第4章「ベントナイト-けい砂混合供試体における水分量計測への適用」では、実際の地層処分場において使用が検討されているベントナイト-けい砂緩衝材と同様の組成を持つ混合供試体における超音波計測の適用性検証を行った。まず、第2章で構築した超音波伝播時間計測システムにより混合供試体の飽和度40%から80%の範囲における超音波伝播速度計測を行い、体積弾性率の評価することで飽和度と体積弾性率に強い相関関係があることを示し、体積弾性率から飽和度が評価できる可能性があることを明らかにした。また、第3章で構築した振動計測システムにより混合供試体の透過波計測を行うことで、ベントナイトとけい砂の2つの異なる種類の土粒子が混在する系においても超音波が均質に伝播することを確認し、超音波によるベントナイト中の水分量計測が可能であることを確認し、超音波計測の適用性を示した。

第5章「Opalinus clay中の飽和度モニタリングに向けた超音波計測の検討」では、スイスの地層処分において母岩として検討されているOpalinus clayの飽和度モニタリングへの超音波計測の適用を目的として、超音波計測において必要な物性値となるOpalinus clay中の超音波の伝播速度の計測を行った。結果より、超音波による飽和度モニタリングに向けて伝播速度と飽和度の間の相関関係に関して重要な知見を得ることができた。

第6章「結言」では、各章で得られた成果を要約するとともに、現実の処分場での超音波による水分量計測を実現するうえでの課題点や関連技術を整理することで、粘土材料中における非破壊での水分量計測技術の展望について、統括とした。以上により、これらの技術が粘土材料中の水分量把握に貢献し高レベル放射性廃棄物の地層処分の実現に寄与することを確信する。