

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)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	原子核工学	専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	（工学）
学生氏名： Student's Name	木村 駿		指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	木倉 宏成	
			指導教員（副）： Academic Supervisor (sub)	赤塚 洋	

要旨（和文 2000 字程度）

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

高レベル放射性廃棄物の地層処分においては地下水の浸潤挙動が放射性核種の移行挙動に影響を及ぼすことから、処分場に建設される緩衝材に用いられる粘土材料内における水の挙動解明に資する水分量モニタリング手法の開発が求められている。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、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の計測可能性を示した。以上、粘土材料の模擬試験体を用いて開発した手法の検証を行い、その有効性を示した。

本論文は、「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)」と題し、6章より構成されている。以下に本論文各章の要旨を示す。

第1章では「緒言」と題して、上述の研究背景および水分量計測に関する従来技術を述べた。さらに、土質材料での超音波を含む弾性波による計測事例について紹介し、超音波伝搬速度測定においては粘土材料のもつ高減衰特性に対応するために新たな計測手法の確立が必要であることを示し、本研究の位置づけ、意義を述べた。

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。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適用することで、高減衰特性を持つ粘土材料における伝搬時間の同定を可能とした。適用した手法の検証のために、粘土材料として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変化させた測定実験により、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。

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搬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。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においては、伝搬速度が異なる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、計測結果より伝搬速度の変化を伝搬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搬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搬速度の変化として計測可能であると結論付けた。

第4章では「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」と題して、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-けい砂緩衝材と同等の組成を持つ模擬供試体を用いた超音波計測の適用性検証を行っており、第2章で提案した手法により、供試体中の水分量と伝搬速度の相関関係の調査を行っている。計測結果については第2章のベントナイトのみの供試体と同様に、水分量の増加により伝搬速度が増加する傾向を示した。ベントナイト-けい砂混合供試体においても超音波の伝搬速度から水分量の評価が可能であると結論付けた。また、第3章で構築した振動計測システムにより模擬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搬することを示している。

第5章では「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」と題して、これまで示してきた超音波計測手法のOpalinus clayへの適用に向けて重要な物性値となるOpalinus clay中の超音波の伝搬速度の計測を行った。実験結果より、超音波による飽和度モニタリングに向けた重要な知見を得ることができた。

第6章では「結言」と題して、各章で得られた成果を要約するとともに、超音波を用いた粘土材料の水分量測定に対する可能性と実用化に向けた検討課題を示し、総括とした。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。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	原子核工学	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名 : Student's Name	木村 駿		指導教員 (主) : Academic Supervisor(main)	木倉 宏成	
			指導教員 (副) : Academic Supervisor(sub)	赤塚 洋	

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

High-level radioactive waste (HLW) management is one of the important issues of nuclear power. Disposal repository of HLW is designed to dispose of the waste in the deep underground with engineered and natural geological barriers. Clay materials are to be installed in the repository in order to prevent groundwater mitigation. Understanding groundwater behavior is required for evaluation of the clay materials. The objective of this thesis was to develop the evaluation method of water saturation level in the clay materials based on ultrasonic velocities measurement.

Compacted bentonite clay is a candidate of the buffer material in Japan. The measurement issue of ultrasonic velocities in compacted bentonite is the high attenuation of the ultrasonic wave. The signal processing method in the frequency domain can contribute to the determination of ultrasonic velocities under the high attenuation condition. Longitudinal and shear wave velocities in pure compacted bentonite were measured successfully. The correlation between the velocities and degree of saturation was investigated, and additionally, bulk modulus and shear modulus of the compacted bentonite were evaluated by the measured ultrasonic velocities. It was suggested that a degree of saturation in compacted bentonite can be evaluated by the bulk modulus.

Laser Doppler vibrometer system was then constructed in order to observe longitudinal wave propagation in compacted bentonite. Longitudinal wave reflection was observed on the boundary between two different degrees of saturation. It was confirmed that transit time variation with a degree of saturation can be detected. Therefore, it was concluded that ultrasonic technique has the capability of the water saturation level measurement.

For the demonstration of the saturation level measurement in bentonite composition with the real composition, longitudinal and shear wave velocities measurement in compacted bentonite-sand mixtures was conducted. It was also suggested that a degree of saturation in compacted bentonite-sand mixtures can be evaluated by the bulk modulus.

In addition, in order to investigate another applicability of the saturation level measurement by ultrasonic technique, longitudinal velocity measurement was carried out. The velocity variation with saturation level variation was observed.

Thus, this thesis describes that the developed ultrasonic measurement system has the capability of water saturation level evaluation for clay materials in geological disposal repository.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意 : 論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).