

## 超音波土中水分・水位計測における周波数特性の検討

立命館大学大学院	学生会員	○平岡 伸隆
立命館大学大学院	学生会員	三品 健
立命館大学		田中 克彦
立命館大学	正会員	酒匂 一成
立命館大学	フェロー会員	深川 良一
東日本旅客鉄道(株)	フェロー会員	島村 誠
東日本旅客鉄道(株)		外狩 麻子

### 1. はじめに

斜面崩壊を予測するためには、土中の水分量や地下水位が重要な因子となるため、これをモニタリングする必要がある。我々は土中水分量や地下水位を計測するモニタリング手法として、広域・多地点で面的な評価が可能である超音波による測定システムを提案してきた<sup>1)</sup>。これまで検出器はヘッド部分を地表に出した露出型で設置してきた。本報告では検出器の埋設化をすすめるために要求される検出器の高周波化について検討した。

### 2. 測定原理

図-1に超音波検出器の概略図を示す。真鍮製の中空導波管を測定対象の地盤に差し込み、上部に超音波センサを固定する。上部の超音波トランスデューサより送信された超音波が下端の測定地点の土表面で反射し、その受信波の反射強度により土中水分状態を、伝搬時間により地下水位を観測することができる。また、測定値は温度の影響を受けやすいため、ダミーペア方式や針型方式といった温度補正方法を用いている<sup>2)</sup>。今回は針型方式を採用した。

### 3. 検出器の埋設化

超音波検出器の設置方法として、これまでの検出器ヘッドを地表に出して設置する露出型に加えて、検出器も含めた全体を地中に埋めて設置する埋設型を検討している。露出型は導波管を任意の長さに変えることにより、測定地点の深度を変える。埋設型は地中の測定地点に規定の長さの導波管を設置する。表-1に露出型・埋設型の特徴をまとめる。露出型はヘッドが地表に出ているため上部に固定しているトランスデューサを取り外して設置作業が進められ、設置作業が容易である。一方、埋設型の場合は設置作業が面倒であるが、地温の変化が気温より緩やかなため温度の影響を受けにくく、また設置後の景観の乱れの問題や、動物などからの被害を避けられるといった利点がある。このため設置方法の1つの手法として埋設型が有効であるが、導波管を短くして検出器を

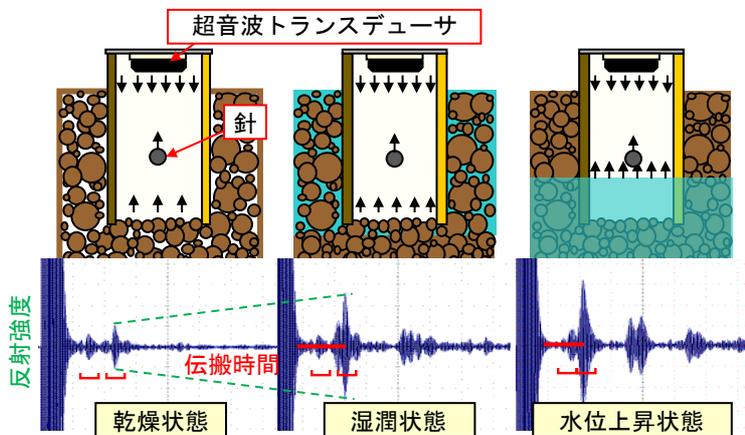


図-1 超音波検出器 概略図

表-1 露出型と埋設型

	露出型	埋設型
概要図		
設置作業	容易	困難
温度による影響	大	小
景観・動物の影響	大	小

キーワード 超音波, 斜面崩壊, 含水量, 地下水位, モニタリング

連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 立命館大学 理工学研究科 環境都市系 TEL: 077-561-1111(6874)

小型化する必要がある。これまで使用していた 40kHz のトランスデューサ(MA40E8-2)は、導波管長を 20cm 以下に短くすると測定精度が悪く、より短い導波管で精度を上げるためには、周波数を上げ、分解能を高くすることが望ましい。そこで、より高周波の超音波トランスデューサを用いて検証試験を実施した。

4. 周波数特性

これまでの 40kHz(MA40E8-2)に加え、市販の 95kHz(UCM-E101-A)と 190kHz(UCM-E201-A)のトランスデューサを用いて周波数特性の簡易的な検証試験を実施した。表-2 に示すように、40, 95, 190kHz の各々のトランスデューサの大きさに合わせ、導波管の仕様を決定した。それぞれの検出器をシャーレの上に敷いた乾燥状態のまさ土、湿潤状態のまさ土、水面の 3 種類に設置して計測を行った。図-2 に試験結果を示す。波形をみると 95kHz が最も波形の山が鋭く、導波管を短くした場合、はっきりした波形が得られることがわかる。

5. 一次元浸透試験

以上の結果より 95kHz の周波数を採用し、実際の土中水分状態と地下水位のモニタリングが可能か検証試験を実施した。直径 37cm の円筒カラムに、信楽産まさ土を初期含水率 5%、設定湿潤密度 1.65g/cm<sup>3</sup>、1 層あたり 5cm の 6 層構成で締固めた。2 層目に誘電率土壌水分計と超音波検出器、熱電対を設置し、人工降雨装置により設定降雨量 20mm/hour で降雨を再現した。図-3 に試験結果を示す。図-3 (b) より、誘電率土壌水分計による体積含水率のデータと超音波検出器による反射強度のデータがほとんど同じ傾向を示していることが分かる。このため 95kHz の超音波検出器においても水分状態が検知できることがわかった。また試験開始から 6 時間後に降雨を止めて代わりにカラム下端より注水を開始し、地下水位の上昇を再現した。6 時間 30 分後に、導波管下端まで地下水位が到達し、図-3 (a) より、これに伴って伝搬時間が減少していることから、地下水位の上昇を検知できることが確認された。

6. おわりに

室内における実験において 95kHz の超音波検出器の有効性を確認できた。今後、屋外にも本検出器を設置し、モニタリングの効果を確認していきたい。

**謝辞** 本研究の一部は、科学研究費補助金(2008~2010年度)の助成を受けて行ったものである。またご支援いただいた株式会社村田製作所浅田隆昭氏に感謝します。

参考文献

- 1) 須田剛文ら：斜面崩壊予知のための超音波による土中水分状態モニタリング, 土木学会第 64 回年次学術講演会, 3-208, pp.415-416, 2009.
- 2) 平岡伸隆ら：超音波土中水分・水位計測システムにおける新たな温度補正方法の検討, 地盤の環境・計測技術に関するシンポジウム 2010, pp141-144, 2010.

表-2 各周波数の検出器

	40	95	190
導波管の長さ	30cm	20cm	20cm
導波管 内径, 外径	φ 18mm φ 22mm	φ 24mm φ 28mm	φ 28mm φ 32mm
針の位置 (下端から)	15cm	7.5cm	7.5cm
針の径	φ 1.6mm	φ 2.5mm	φ 2.5mm

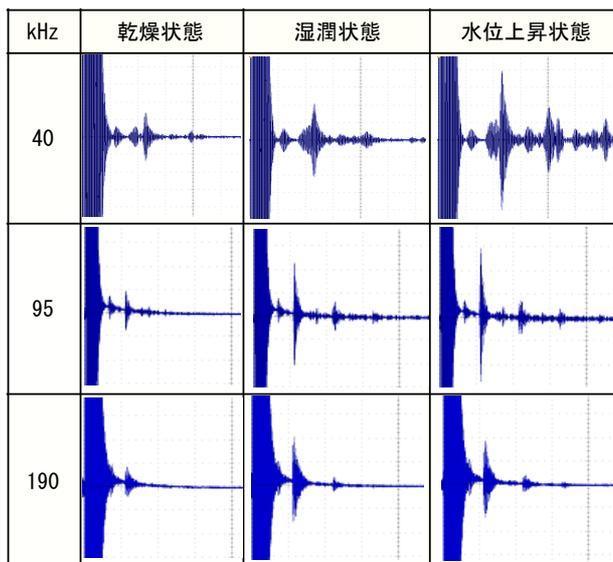


図-2 各周波数の波形

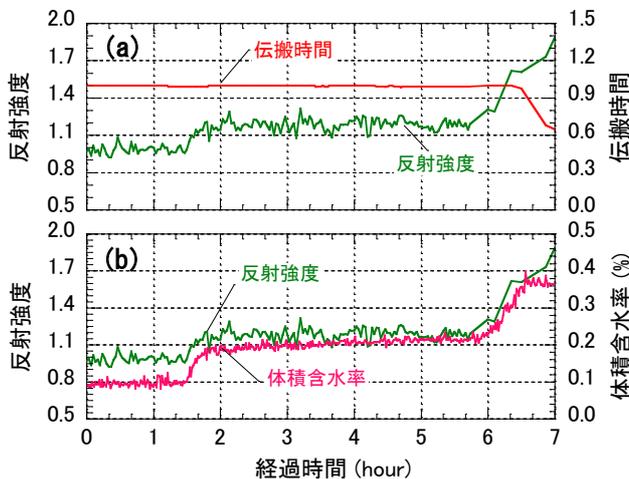


図-3 試験結果