

立命館大学理工学部	学生員	○黒原	雄大
立命館大学大学院	学生員	平岡	伸隆
立命館大学大学院	学生員	三品	健
立命館大学総合理工学研究機構		田中	克彦
立命館大学 R-JIRO	正会員	酒匂	一成
立命館大学理工学部	正会員	深川	良一

1. はじめに

地盤内の土中水分状態および地下水位を測定するために、超音波測定システムが提案された¹⁾。しかし、超音波測定では、図-1のように測定面の反射波のピークが鈍くなることがある。本研究では、超音波測定による土中水分・水位モニタリングにおける検出器の性能向上のため、導波管形状の見直しを提案し、反射波の改善を目的とした。

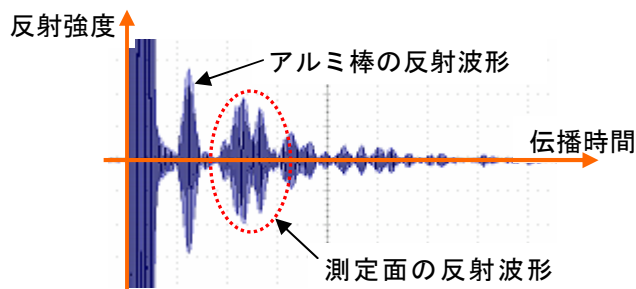


図-1 反射波形

2. 超音波による測定方法

超音波測定システムでは、土の水分状態と地下水位を測ることが可能である。超音波測定システムは、超音波検出器と超音波測定器に大別される。図-2に超音波検出器の概略図を示す。

トランスデューサから送信された超音波が導波管内を進み、測定面に到達し、測定面で反射した超音波がトランスデューサに戻って受信される。受信した超音波の反射波の振幅を反射強度とし、その値の大きさによって測定面の水分状態を測定する。トランスデューサが超音波を送信し始めた瞬間から、最も大きな反射強度を受信した瞬間までの時間を伝搬時間とし、伝

搬時間により地下水位を測定する。

超音波測定は温度依存性が大きいため、導波管に部分反射体としてアルミ棒を付け、測定する温度補正法を行っている²⁾。図-2において、アルミ棒の反射波を反射波①、測定面の反射波を反射波②とする。反射波①は温度にのみ依存した測定値になるのに対し、反射波②は測定面の水分状態と温度に依存した測定値になる。反射波②を反射波①で割った値を温度補正值とした。

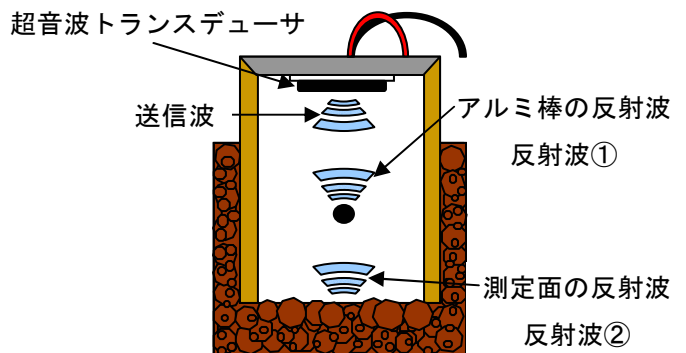


図-2 超音波検出器

3. 導波管形状の反射波への影響

超音波による土中水分・水位測定において、測定面の反射波のピークが複数になることや、鈍くなることがある。そこで、反射波のピークの改善のため、導波管形状の見直しを提案し、妥当性を検討した。

これまでの超音波測定では、内径 18 mm のストレート型導波管を使用していた。導波管形状の反射波への影響を検証するために、①ストレート型で太さを変えた導波管と、②分銅型導波管を製作し実験を行った。

初期実験のため、測定の対象は土の表面の代わりに机とした。製作した導波管の長さは150 mm、厚みは2 mmであり、温度補正用のアルミ棒は付けていない。

①ストレート型導波管は、内径15, 18, 22, 26, 40 mmの五種類の太さで製作した。実験を行った結果、内径18 mmの導波管の反射波が最も鋭く、最も大きな反射強度を示した。しかし、送信波と測定面の反射波の間に、小さな反射波が見られた(図-3(a))。

②分銅型導波管は、図-4のように設計した。Lと θ を変えることにより、反射波形にどのような影響が現れるかを調べた結果、L=30 mm, $\theta=10^\circ$ の分銅型導波管が最も鋭い反射波を示した。ストレート型導波管では、送信波と反射波の間に小さな反射波が見られたが、分銅型導波管では見られなかった(図-3(b))。

分銅型導波管とストレート型導波管を組み合わせるために、分銅型キャップを提案した。温度補正用のアルミ棒が付いた内径28 mm、長さ200 mmのストレート型導波管と、そのストレート型導波管に分銅型キャップを装着した導波管で測定を行った。導波管に分銅型キャップを付けた概略図を図-5に示す。Lを30 mm, θ を 9.5° とした。

測定結果として、分銅型キャップを装着していない導波管での反射波形と、分銅型キャップを装着した導波管での反射波形を図-6に示す。分銅型キャップを装着していない導波管では、測定面の反射波が2つ見られ、アルミ棒の反射波が鈍くなっている。一方、分銅型キャップを装着した導波管の測定では、反射波のピークが1つになっており、なおかつアルミ棒、測定面の反射波ともにピークが鋭くなっている。この結果より、超音波測定において、分銅型導波管を用いることにより、超音波検出器の性能向上を図ることができると言える。

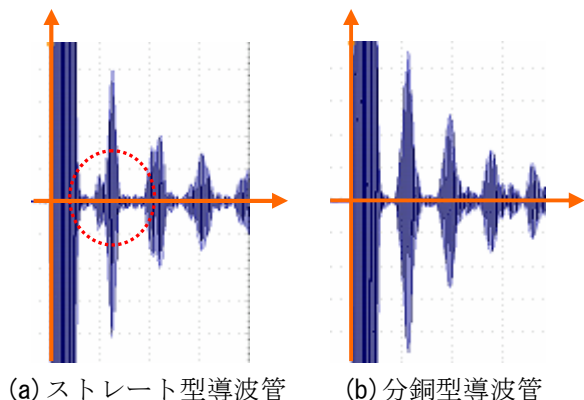


図-3 反射波形

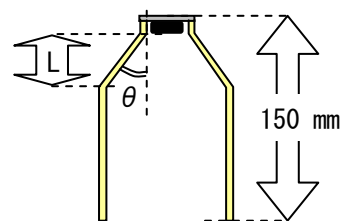


図-4 分銅型導波管

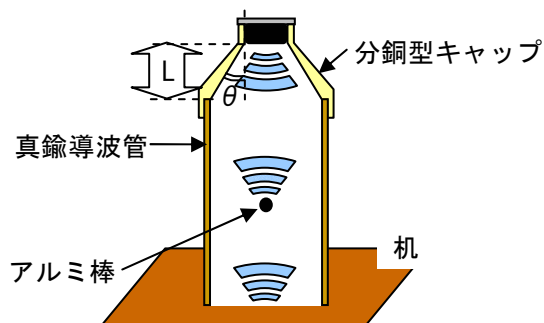
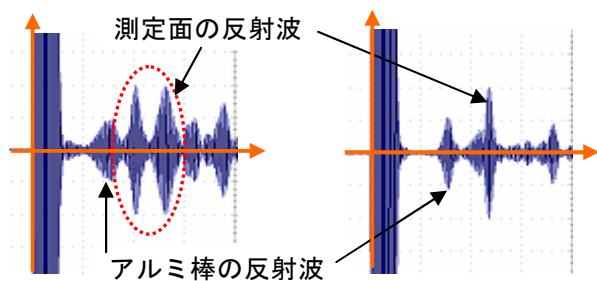


図-5 分銅型キャップを装着した導波管



(a) 分銅型キャップ無し (b) 分銅型キャップ

図-6 反射波形

4. おわりに

本研究により、超音波による土中水分・水位測定において、超音波検出器の導波管形状により反射波形が変化し、分銅型導波管による反射波形の改善が可能であることが明らかになった。

謝辞

本研究の一部は科学研究費補助金(基盤(C), 20510180)(2008~2010年度)の助成を受けて行った。また、ご支援を頂いたJR東日本(株)研究開発センター防災研究所、島村誠氏、森島啓行氏、外狩麻子氏、並びに(株)村田製作所・浅田隆昭氏に謝意を表す。

[参考文献]

- 1) Katsuhiko TANAKA, et al. Japanese Journal of Applied Physics 48, 09KD12, 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, pp.141-144, 2010.