

立命館大学理工学部 学生員 ○三品 健

立命館大学大学院 学生員 平岡 伸隆

立命館大学総合理工学研究機構 田中 克彦

立命館大学 R-GIRO 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把握する技術として、超音波を用いた土中水分水位モニタリングシステムが提案され¹⁾、温度補正のためにダミーペア方式²⁾、針型温度補正方法について研究してきた。しかし、現行の超音波測定器では、設置深さに制限があるなどの問題点が挙げられる。そこで、現地使用における適応性の向上を目指し、超音波を用いた土中水分水位測定器の埋設・ワイヤレス化を提案する。

2. 測定方法

本研究で用いる超音波測定システムは、測定器と検出器から成る。図-1に超音波検出器概略を示す。内部が中空である導波管、超音波トランスデューサ、温度特性検出用の針で構成される。超音波トランスデューサから送信された超音波が、導波管内の空気を伝搬し、測定地面において反射する。受信した反射波の振幅(反射強度)から水分状態を把握し、送信から受信するまでの時間(伝搬時間)から地下水位を測定する。この方法により1つの測定器で土中水分状態と地下水位を測定する。また、測定値は温度依存性が強いので、これを補正するために針型温度補正方法を検証した。針型検出器では、測定地面と針による2つの反射波が発生する。図-1において、反射波①からは温度のみに依存した測定値、反射波②から測定地面の水分状態と温度に依存した測定値が得られる。反射波②を反射波①で除することで相対値を算出し、温度補正を行う。

この温度補正方法の有効性を確認するために、屋内で一次元浸透試験を実施した。試験試料は、滋賀県信楽産まき土を使用した。土層に超音波検出器、誘電率水分計、熱電対を設置し、底面の境界条件を排水として、人工降雨装置により15mm/hの降雨を再現した。また、

降雨終了後に底面の境界条件を非排水にして、土層下部より水位を上昇させた。その試験結果を図-2に示す。温度補正後の反射強度と伝搬時間は初期値で正規化した。試験結果より温度補正、測定地面の水分状態の変動、水位上昇が検知できることを確認できた。

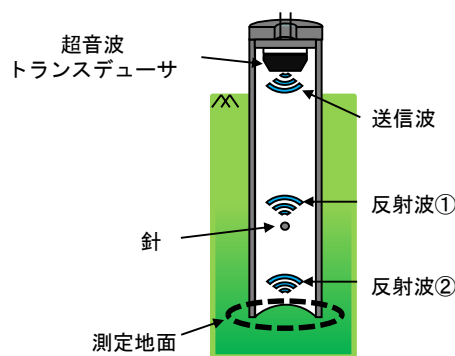


図-1 超音波検出器概要図

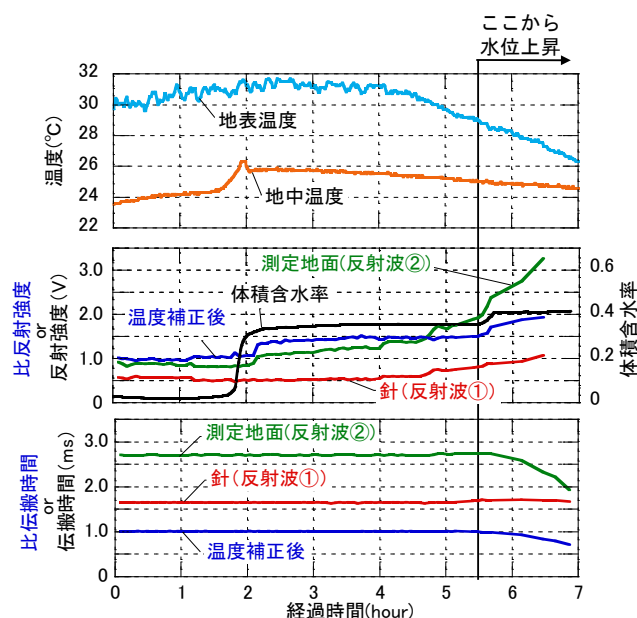


図-2 一次元浸透試験結果

3. 埋設型ワイヤレス測定器の評価試験

前節の超音波測定システムは検出器の上部が地上に露出しており、周波数と導波管長さに制限があるため、現地で使用するにあたり、①設置深さの制限、②盗難、動物による測定器の被害、③景観への影響、④落雷による被害（誘電雷）、⑤測定機器設置数の制限、⑥ケーブルによる水みちの形成などの問題が挙げられる。これらの問題を解消し、現地使用の適応性を向上させるために、超音波を用いた土中水分水位測定器の埋設・ワイヤレス化を検討した。

試作した埋設型ワイヤレス測定器の機能を確認するために、大学構内の切土斜面に埋設して試験を実施した。埋設型ワイヤレス測定器の概要を図-3に示す。高さ38cm×幅30cm×奥行き19cmの筐体の側面に超音波検出器と温度センサを設置した。地中のワイヤレス通信には、坂田電機（株）製の8.5KHz電磁波通信器を用いた。試験概要を図-4に示す。埋設型ワイヤレス測定器を深さ60cmに埋設し、テンシオメータを深さ40cmに、雨量計を地上に設置した。テンシオメータに断熱キャップを被せ、測定器は斜面上の基地局に設置した。

試験結果を図-5に示す。通信可能距離は約25mであった。降雨に対し、反射強度と間隙水圧の変化があまり見られなかった。この切土地盤は粘土質で間隙水圧がほぼ0を示していることから、含水比が非常に高い状態であったと推測される。このため反射強度も水分状態による変化が見られなかった。伝搬時間は2月9日の降雨に反応したが、それ以外では降雨に関係なく測定値が変動した。含水比が高い状態であるため、降雨時以外でも地盤内で水位変動したものと考えられる。

4. おわりに

本試験により、埋設型ワイヤレス測定器の通信機能と測定の基本動作を確認できた。反射強度のデータより、水分状態の大きな変化がないことを確認した。伝搬時間は一部の降雨に対して反応を示した。また、水位変動を検知した。今後の課題として、埋設型ワイヤレス測定器の小型化、水分状態検知の精度向上、温度補正の更なる改善が挙げられる。

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

ものである。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、外狩麻子両氏、並びに（株）村田製作所、伊藤聡、津田隆昭両氏に謝意を表す。

【参考文献】

- 1) Katsuhiko Tanaka, et al. Japanese Journal of Applied Physics 48, 09KD12, 2009.
- 2) 平岡伸隆, 須田剛文, 平井一弘, 田中克彦, 酒匂一成, 深川良一. 平成22年度土木学会関西支部年次学術講演会, III-10, (2010.02.28).

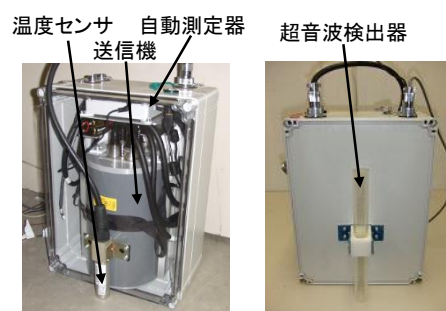


図-3 埋設型ワイヤレス測定器

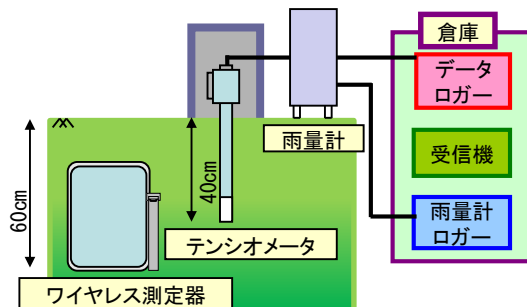


図-4 埋設型ワイヤレス測定器の評価試験概要

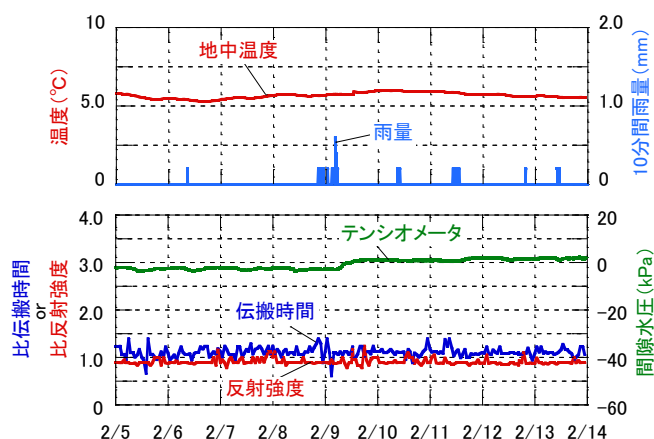


図-5 埋設型ワイヤレス測定器の評価試験結果