

第Ⅲ部門

屋外斜面における超音波土中水分・水位検出器の温度補正効果

立命館大学理工学部	学生員	平岡 伸隆
立命館大学大学院	学生員	須田 剛文, 平井 一弘
立命館大学総合理工学研究機構		田中 克彦
立命館大学	正会員	酒匂 一成
立命館大学理工学部	フェロー	深川 良一

1. はじめに

降雨による土砂災害を防ぐためには、土中水分量を正確に把握し斜面崩壊を予測することが効果的である。現在、土中水分量の測定には、テンシオメータや誘電率水分計などが使われている。テンシオメータは設置が容易であるが、定期的な脱気水の補充が必要となることや、冬場の寒冷地域においては脱気水が凍結する恐れがあるといった問題点を抱えている。一方、誘電率水分計はメンテナンスが少ないという利点はあるが、土中の塩分濃度の影響を受けやすいことや設置時に現場を乱してしまうといった問題点がある。そこで、従来の装置に代わる新たな測定手法として、超音波による土中水分・水位モニタリングシステムを提案する¹⁾。

2. 測定方法

本研究で用いる超音波測定システムは、主に測定器と検出器から構成される。超音波検出器は、図-1 に示すように、中空パイプを用いた導波管の上部に超音波センサを固定している。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、反射波形をオシロスコープにより読み取り測定を行う。波形は、横軸が伝搬時間、縦軸が反射強度を表す。この伝搬時間と反射強度の変化により、土中水分・水位をモニタリングする(図-2 参照)。土が乾燥状態の場合、測定地点表面では土粒子がむき出しになっており、反射波に散乱が生じて受信波が小さくなる。この土が湿潤状態になると、土粒子間に水膜が形成され、測定地表面が滑らかになることで反射面における散乱が減少し、受信波が大きくなる。また地下水位が上昇した場合には、導波管内に水が入り伝搬距離が短くなるため、波形の伝搬時間が減少する。このように受信波の反射強度により土中水分を、伝搬時間により地下水位を計測することができる。

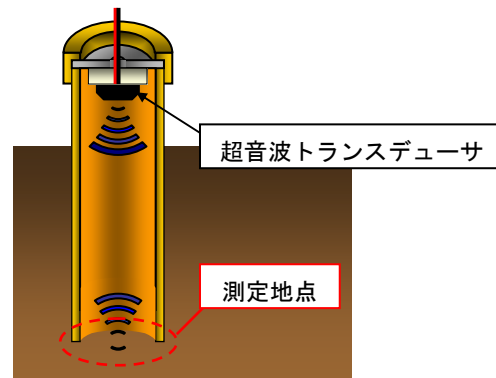


図-1 超音波検出器 概要図

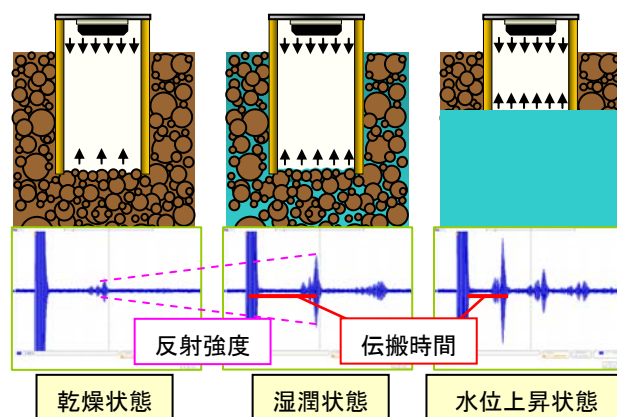


図-2 各状態による反射波の変化

3. 温度補正

上記の原理の確認のために簡易試験を行った結果、超音波センサは温度依存性が強く、温度補正をしなければならぬことが分かった。このため、ダミーペア方式による温度補正方法を提案した。ダミーペア方式は超音波検出器を2本使用することで温度補正を行う。一方の導波管下端を密閉することにより、水分量の変化による影響を除き、温度条件のみで波形が変化するようにした。この検出器を温度モニタリング用検出器とする。もう一方の検出器を水分モニタリング用検出器とし、この検出器は温度と水分両方の影響により波

形が変化する。このように得られた水分モニタリング用検出器の値を温度モニタリング用検出器の値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確認のため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さ土を使用した。土槽に超音波検出器と誘電率水分計を設置し、人工降雨装置により降雨を再現した。また降雨終了後に土槽下部より徐々に水位を上昇させた。その試験結果を図-3に示す。試験結果より温度補正、含水状態の変化、水位上昇が適切に検知されていることが確認できた。

4. 屋外斜面長期モニタリング試験

前節において原理および屋内における温度補正の有効性が確認できた。そのため、より過酷な温度条件の屋外において、温度補正が有効であるか検証するため、大学内の盛土斜面に超音波検出器を設置し試験を実施した。試験概要図を図-4に示す。超音波検出器、テンシオメータ、熱電対を測定対象深さ30cmに設置し、各センサに断熱キャップを被せた。各測定器は斜面横の降雨実験室内に設置した。試験結果を図-5に示す。反射強度の相対値をとると、温度による変化が減少したことから、温度補正が出来ていると考えられる。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い。この盛土地盤は粘土質であり、間隙水圧が低くても-5kPaを示していることから、既に擬似飽和状態に近い状態であると推測される。このため反射強度にも水分量による変化が見られなかったと考えられる。

5. おわりに

本試験により、屋外におけるダミーペア方式による温度補正方法の妥当性が検証された。しかしながら、

対象斜面が粘土地盤ということで、大きな水分変化が得られなかったため、砂地盤において同様な試験を実施したいと考えている。今後の課題として、伝搬時間の自動計測化、温度補正方法の改善が挙げられる。

謝辞

本研究はJST平成21年度シーズ発掘試験発展型の助成を受けて行った。またJR東日本研究開発センター防災研究所、島村誠氏、外狩麻子氏にはご支援と多くの助言を頂いた。記して謝意を表す。

[参考文献]

- 1) Katsuhiko Tanaka, et al.: "Monitoring of Soil Moisture and Groundwater Level Using Ultrasonic Waves to Predict Slope Failures", Japanese Journal of Applied Physics 48, 09KD12, 2009.

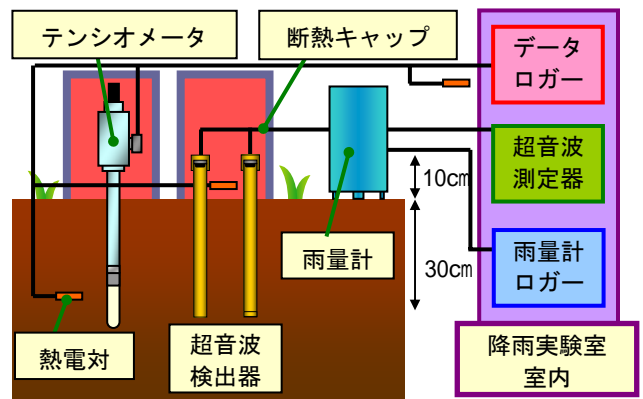


図-4 試験概要図

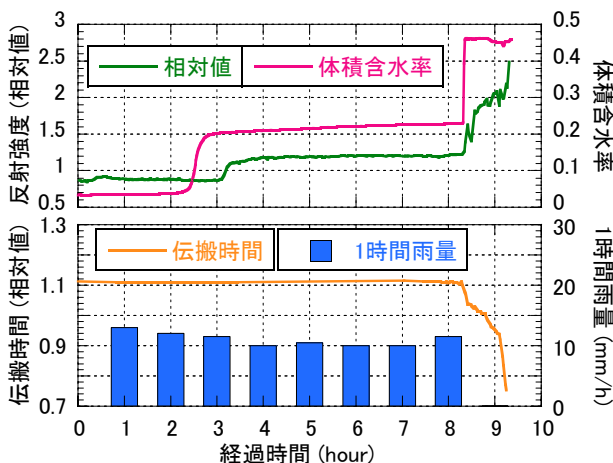


図-3 一次元浸透試験 試験結果

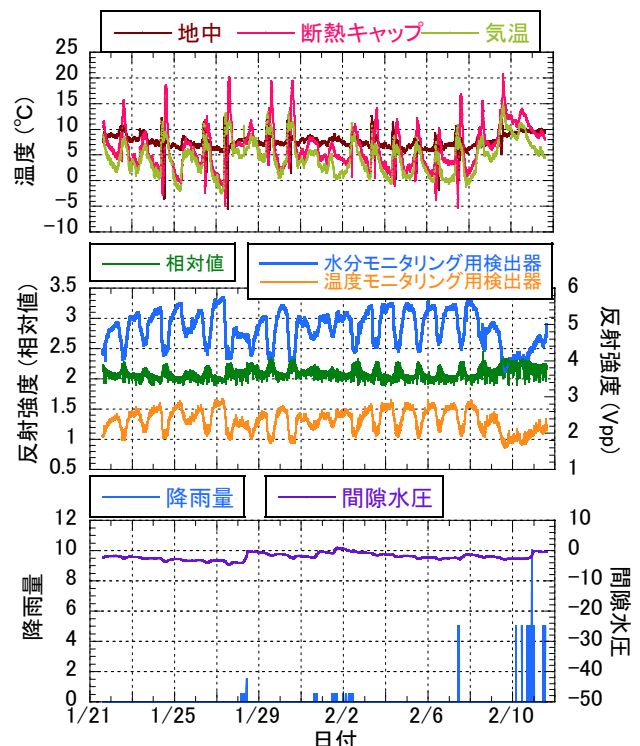


図-5 屋外斜面長期モニタリング試験結果