

斜面地盤の多点観測を目的としたモニタリングシステムの開発

長崎大学工学部 学 ○中村 智哉 長崎大学大学院 正 杉本 知史 F 蔣 宇静 正 大嶺 聖
長崎大学大学院 非 石塚 洋一 高江洲 竜馬 岩崎 昌平

1. はじめに

近年, 局地的な集中豪雨や梅雨時期の長雨などのような異常気象が頻発しており, 通常安定している斜面が雨水浸透により崩壊する事例も多発している. わが国は, 国土の約7割を山地が占めるという地理的特徴から, 土砂災害の危険性のある箇所に居住地域や道路などが近接している地域も数多く存在しているため, 斜面防災をさらに強化していく必要がある.

そこで, 本研究では人工的に盛り立てられた佐世保市内の斜面を対象として, 降雨による地盤内の水の浸透と地下水位の変化を無線センサネットワークにより観測する. この方法のメリットとして, データ収集において人的労力が削減できること, 機械間の配線が不要なため機器の設置場所を自由に選択できることなどが挙げられる. 継続的なデータ収集と分析を通して斜面変状の進行を定量的に明らかにすること, 現地で観測している雨量と, 土壌水分率, 地下水位の変化, 地表面の変状量との相関性を明らかにすることを目的としている. また, 過去に行われた数値シミュレーションの結果の妥当性を, これまでのモニタリング結果に基づいて検証する.

2. 現地モニタリングの概要

2.1 モニタリング対象斜面について

図-1 の対象斜面は佐世保市内の産業廃棄物処理場で, 奥行きが約 150m, 幅約 120m, 高さ約 40m である. 地表面付近に土砂主体の産業廃棄物, その下に崖錐堆積物, 基礎岩で構成されている.

2.2 モニタリングシステムの概要

図-2 に各種観測機とその設置場所を示す. 現場での観測機器 (テンシオメータ, 土壌水分計, 水圧計, 雨量計など) を利用して観測したデータを, 無線センサリングネットワークを通じて中継機で収集し, 携帯回線を通して通信する. これにより, 遠隔地にてモニタリングを行うことができ, 対象斜面の安全の確保やセンシングデータの解析によるリアルタイムの現状分析が可能となる. また, 同モニタリング現場に, 斜面変状を感知するための地表面の変状計測器が対象斜面の 13 箇所に設置されている. 図-2 にその場所を示す.

3. 土壌水分率ならびに地下水位のモニタリングについて

図-2 に示した中段土壌水分計(SM1)、雨量計に関して 2019 年 6 月 1 日から 2019 年 8 月 31 日のデータを取得し, センサの作動状況を確認, 分析した. その結果を図-3 に示す. 降雨に伴い土壌水分率が 5% 程度上昇していることが確認できる. また昨年における 2 か所の土壌水分率¹⁾を図-4 に示すが, 先述の同中段土壌水分計のデータを比較しても, ほぼ同値を推移しており昨年からの継続的なデータとして有効であるといえる. また, 図-2 に示した下段間隙水圧計(WP2), 雨量計に関して 2019 年 6 月 1 日から 2019 年 8 月 31 日のデータを取得し, センサの作動状況を確認

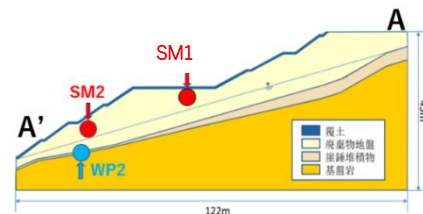


図-1 モニタリング対象斜面



図-2 観測機器の設置位置

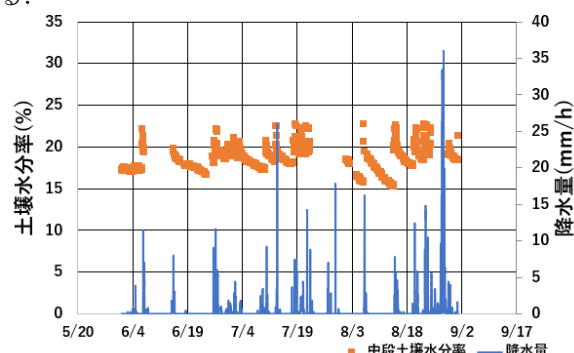


図-3 降雨に対する土壌水分率変化(2019年6月~8月)

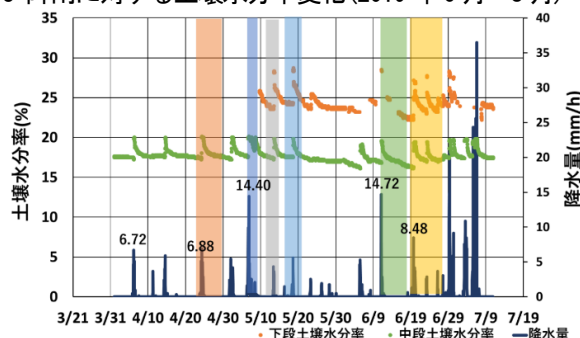


図-4 降雨に対する土壌水分率変化(2018年4月~6月)

認, 分析した. その結果を図-5 に示す. 降雨に伴い地下水位が約 1.2m から 2.1m ほどの間で上昇していることが確認できる. また, 昨年における同位置のデータ¹⁾を図-6 に示すが, そのデータと比較しても, 降雨に対する地下水位の変化の度合いから昨年から継続的なデータとして有効であるといえる. これらのデータに関しては今後, 斜面変状との相関関係を分析していく.

4. 地下水位検知センサの開発と現地への実装

昨年度, 多点観測の実施を念頭におき, 降雨に伴う地下水位の簡易計測機器としてパイプ型地下水位検知センサを作成した. 以下検知センサと呼ぶ. 検知センサのイメージを図-7, センサ部に使用した DFRobot 水分センサを写真-1 に示す. 昨年度に設置した検知センサ 1 号機, 2 号機に加えて新たに 3 号機ならびに 4 号機を設置した. その位置を図-8 に示す.

検知センサの反応の様子として図-9 下に示すグラフを作成した. 地下水にセンサ部がついているか否かによってデータをプロットしている. 図-9 のグラフのデータは, 12 月 10 日に検知センサ 3 号機の動作を確認するために, 強制的に水を注入したことによるものであり, 注入直後水位が上昇し, 時間経過によって地下水位が低下していく様子がみられる. なお, 強制注入前後での降雨は確認されていない.

また検知センサに関しては設置位置の高さを変えており, さらに増設し, そのデータを分析することで地下水位の概形を大まかに知ることができる. この手法による安定した水位の調査が可能となれば, 他の区域への適用も検討していく.

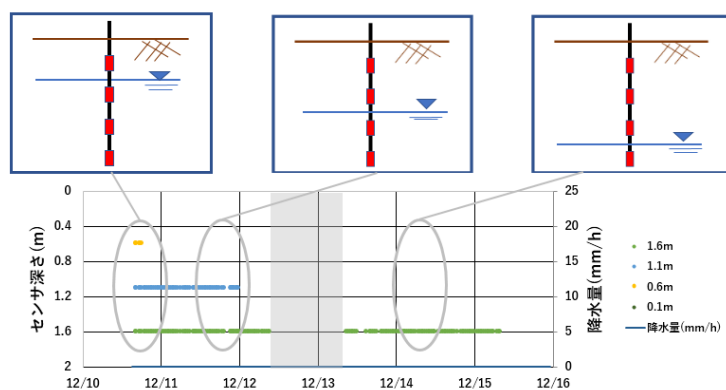


図-9 地下水位検知センサ反応の様子

5. おわりに

本研究では, 無線センサネットワークを活用した斜面のモニタリングを通して各種データの分析を行った. 今後は降雨量別の斜面変状分析や, 簡易水位計をより有効に使用方法について検討していく.

謝辞: 本研究は学術研究助成基金助成金 (若手研究(B):17K13005) の助成を受けて実施している.

参考文献

- 1) 石田千裕ら: 斜面地盤の多点観測を目的とした手法の開発とその活用に関する研究, 平成 30 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集(CD-ROM), pp.347-348, 2019.3

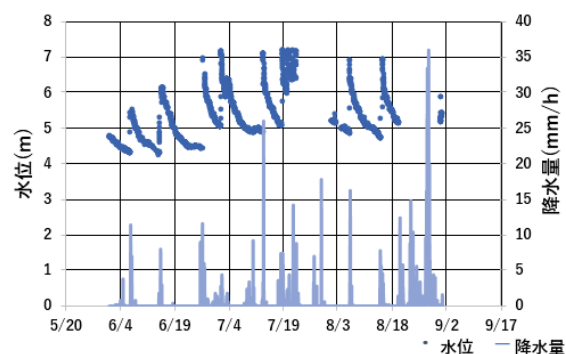


図-5 降雨に対する水位変化(2019 年 6 月~8 月)

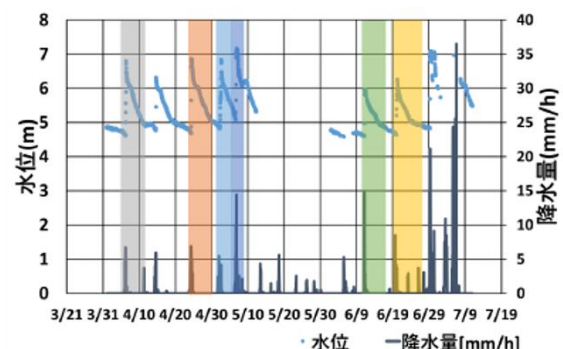


図-6 降雨に対する水位変化(2018 年 4 月~6 月)

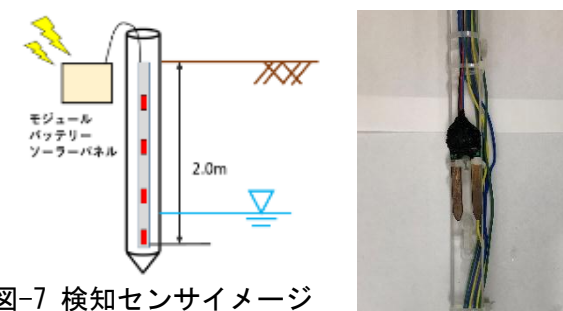


図-7 検知センサイメージ

写真-1 DFRobot 水分センサ

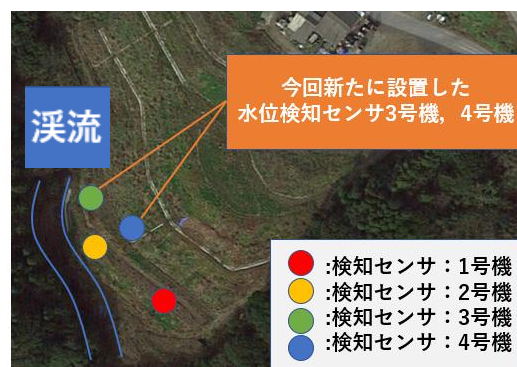


図-8 地下水位検知センサの設置位置