

遠隔モニタリングによる斜面地盤の地下水位と地表面変状の関係に関する一考察

長崎大学工学部 学生会員 ○福島世韻 長崎大学大学院 正会員 杉本知史
 長崎大学大学院フェロー会員 蔣宇静 正会員 大嶺聖 非会員 石塚洋一 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が多発している. そこで, 本研究ではこれまで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, 降雨による地盤変状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を行ってきた. 継続的なデータ収集と分析を通して, 現地で観測している雨量と, 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.

2. 現地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分場跡地で, 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, 基盤岩で構成されている. 2014 年に変状が確認され, 翌年の 2015 年に緩勾配化するための土砂の切り返し工事, 雨水浸透低減のための覆土工, 地下水位低下工を行った. しかし, 再度変状が確認されたため 2016 年にモニタリングを開始した.

2.2 モニタリングシステムの概要

図-2 に各種観測機器とその設置場所を示す. 現位置での観測機器 (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, 無線センサネットワーク (以下, WSN) 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, 同所に別途, 斜面変状を検知するための傾斜計を対象斜面の 13 箇所の地表面下 0.5m に設置している. なお, x, y 軸はそれぞれ斜面に対し, 水平面内の直交, 平行な方向を示す.

3. WSN による斜面表層の変状モニタリング

傾斜計により水平面内の累積角度や変状量を 10 分間隔で記録し, 携帯回線を通じて, ブラウザ上で確認することができる.今回は 2017 年 6 月~2022 年 11 月のデータより, 2022 年に入って特に変状量の大きい図-2 中の k-4 と k-7 を取り上げて, 期間中のデータを分析した. 図-3 に累積角度の推移を示す. また, 図-4 に 1 か月ごとの累積角度を示す. k-4 については, 2021 年までは変状は緩やかだが, 2022 年に入ってからは大きな変状が発生していることが確認できる. k-7 に関しては, 2020 年の中ごろから徐々に変状が見られ, 経年的に変状量が増大していることが確認できる. 傾斜計を設置した 13 の地点でこの累積変状量をベクトルで表し, 斜面の

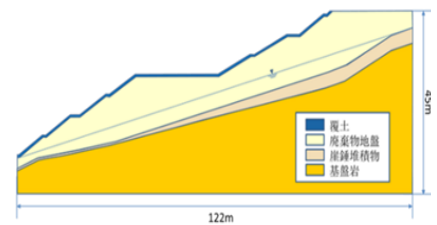


図-1 モニタリング対象斜面断面図

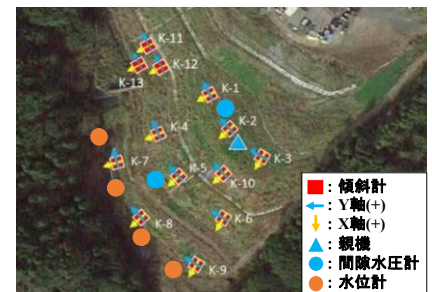


図-2 観測機器設置位置

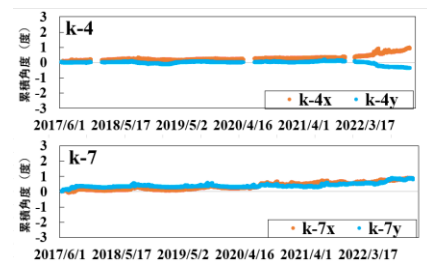


図-3 累積角度(2017~2022年)

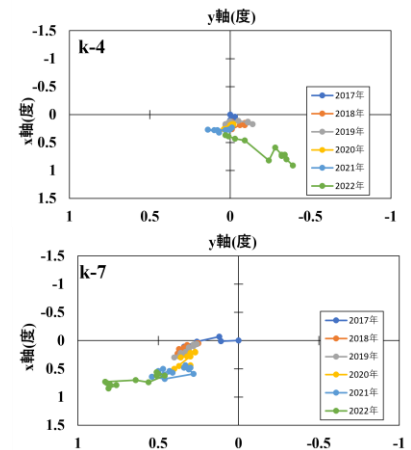


図-4 一カ月毎の累積角度(k-4, 7)

動きを視覚化したものを図-5 に示す. 図-5 より, 相対的な変状の大小が確認でき, 斜面外縁部では比較の変状量が大きい傾向にある. これにより, 斜面の局所的な変状傾向を面的に捉えることができる.

4. 降雨による地下水位変動

図-2 に示した斜面下段に設置した間隙水圧計について, 2017 年~2022 年にかけてデータを集積し, 降雨量に対する地下水位の変化について分析した. 図-6 に 2022 年の降水量と地下水位の推移を示す. 図-6 で色分けしている箇所は地下水位が急激に上昇したポイントであり, 降雨が開始して地下水位がピークに達するまでを降雨セクションとして抜き出し地下水位と降雨の関係について検討を行った. 斜面の水はけを示す値として降雨セクション中の総降雨量を降雨前後での水位差で割った値を雨量計数と位置づけ, 降雨前の地下水位との関係を示したものが図-7 である. 雨量計数は高いほど水はけがよいため, 縦軸下方向かつ横軸左方向にあるほど斜面崩壊のリスクが高い降雨セクションだと言える. 斜面下段で使用している間隙水圧計は地表面から 10m の深度に設置しているため, 比較的深い地点まで測定が可能であるが, 人力では設置ができず多点に設置してデータを集めることは難しかった. そこで, 2022 年から図-2 に示したように斜面の末端部の 4 つの地点で人力による設置が可能で 2m まで測定できる水位計を設置した. 図-8 に斜面下段の間隙水圧計と末端の水位計の測点における地下水位の時間変化を重ね合わせたグラフを示した. 図-8 より 2 測点における地下水位が概ね似た変動を行うことが分かった. よって新たに設置した水位計についても運用は可能だと判断した. 今後は間隙水圧計に加えて水位計のデータも集積をし, さらに降雨量と地下水位の関係及び斜面変状との関係について検討を行う.

5. おわりに

本研究では, WSN 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. 今後は斜面変状の進行分析や, 雨量と地下水位の変化, 変状量の相関性分析について検討していく.

謝辞: 本研究は (一社) 九州地域づくり協会の研究助成を受けて実施しています. また, 斜面変状の計測においては, 中央開発(株)の計測機器提供を受けています. ここにお礼申し上げます.

参考文献

- 1) 中村智哉ら: 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, 令和元年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集(CD-ROM), pp.349-350, 2020.3
- 2) 江藤亮太ら: 斜面地盤の多点観測による変状傾向の定量的評価, 令和 2 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集(CD-ROM), pp.309-310, 2021.3
- 3) 平野達己ら: ワイヤレスセンサネットワークによる斜面地盤の各種物理量の計測とその活用, 令和 3 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集(CD-ROM), pp.293-294, 2022.3

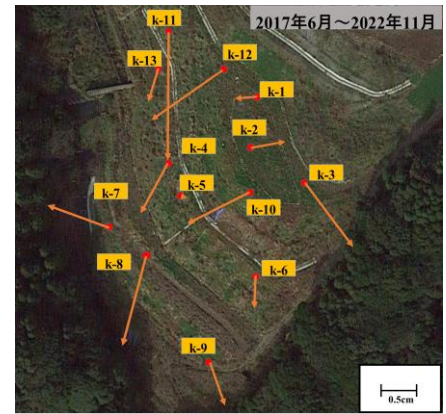


図-5 変状ベクトル (2017.06~2022.11)

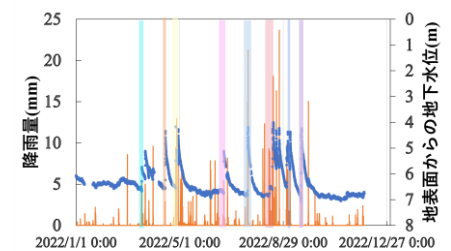


図-6 2022 年の斜面下段における地下水位と降雨量の関係

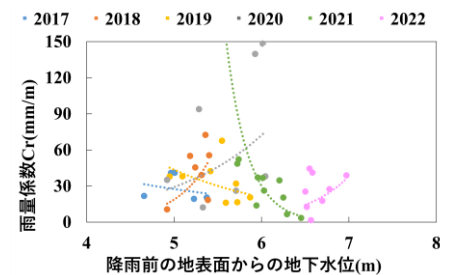


図-7 年別の雨量計数と降雨前の地下水位の関係

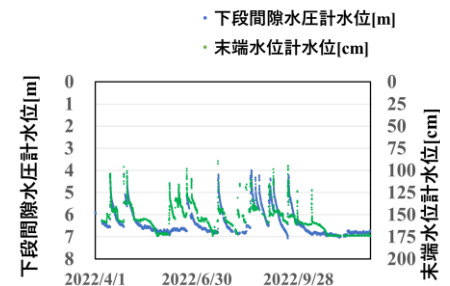


図-8 斜面下段部と末端部の 2 測点における地下水位の比較