

斜面地盤の多点観測による変状傾向の定量的評価

長崎大学工学部 学 ○江藤 亮太 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 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を行ってきた。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、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、無線センサリングネットワーク（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 13 日～2020 年 10 月 31 日のデータより、特に変状量の大きい図-2 中の k-8 と k-12 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-8 については、1 か月毎では大

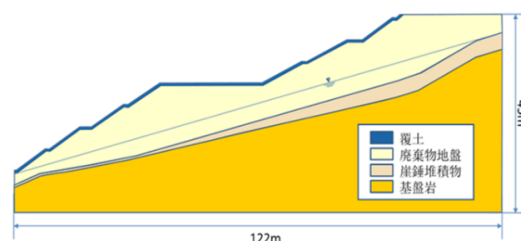


図-1 モニタリング対象斜面断面図



図-2 観測機器の設置位置

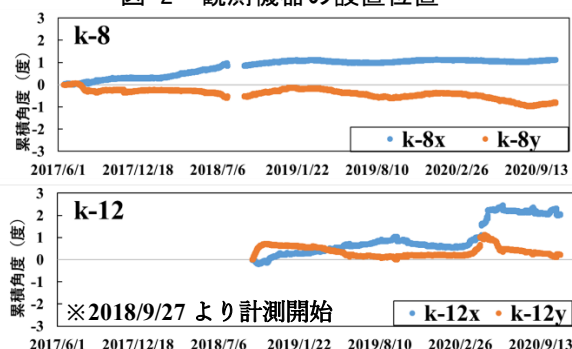


図-3 累積角度(2017年6月～2020年10月)

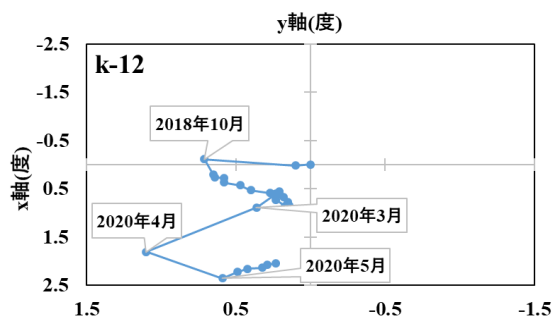
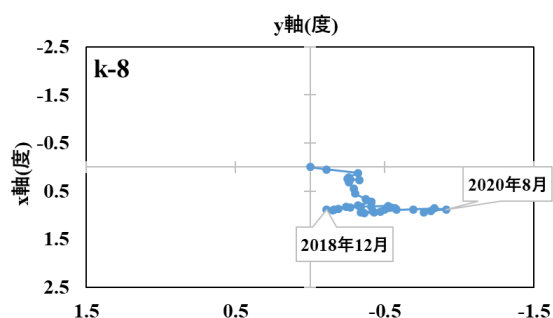


図-4 1 か月ごとの累積角度の軌跡

きな変状は見られないが、断続的に変状が発生していることが確認できる。k-12 に関しては、2018 年と 2020 年に大きな変状が見られ、経年的に変状量が増大していることが確認できる。この累積変状量をベクトルで表し、斜面の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、k-3 や k-8 などの南東側の斜面と、k-11、k-12 付近では比較的大きな変状が確認できる。一方で k-2 や k-7 などの北西側では変状量が小さいことが確認できる。これより、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と斜面変状の関係

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～2020 年のデータを用い、降雨量に対する地下水位の変化と、地下水位の変化に対する変状量について分析した。まず、降雨量と地下水位の関係より、例として 2020 年の降雨量と地下水位のグラフを図-6 に示す。図-6 より、水位の上昇から低下までの期間をグラフに表したものを図-7 に示す。図-7 は同様に 2017 年～2019 年のそれぞれの期間も表している。このグラフから、降雨に対する地下水位の上昇量が、年々低下傾向あることが伺える。これは、地下水が流下する層の透水性が高まる傾向を示しているものと考えられる。また、降った雨の一部が地中に浸透せず、表面に流出している可能性も考えられる。

次に、地下水位と変状量の関係について、上記期間における 3 月から 8 月までの水位上昇と傾斜角を図-8 に示す。ここで水位上昇累積度数 ($m \cdot h$) とは、基盤岩からの地下水位をある期間ごとに累積して水位上昇の頻度を求めたものである。水位上昇累積度数に関わらず、変状量に差があることが確認できる。相関性が明確とはなっていないが、異なる対象期間を与えることで、特徴が確認できないか、さらに検討を行う。

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（一財）日本建設情報総合センター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㈱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

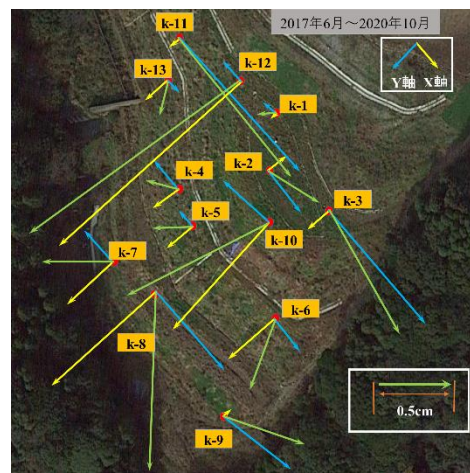


図-5 変状ベクトル 2017 年 6 月～2020 年 10 月

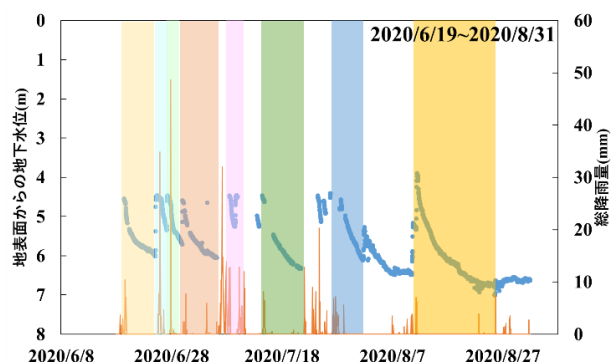


図-6 2020 年の地下水位と降雨量の関係

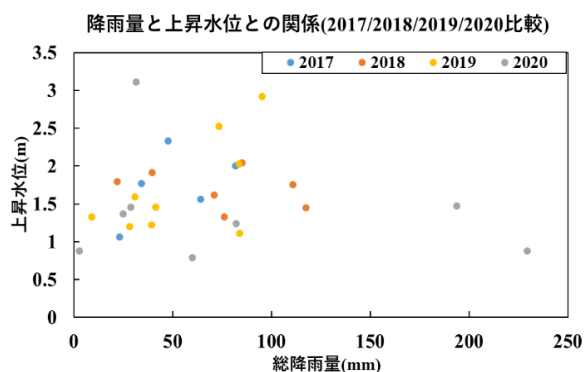


図-7 降雨量と水位上昇の関係

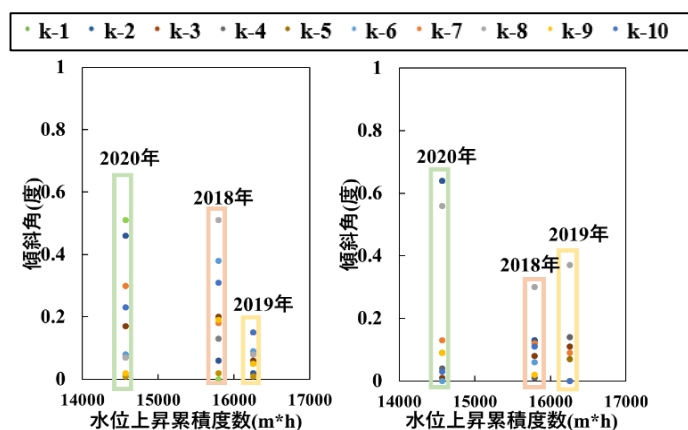


図-8 水位上昇累積度数と X, Y 軸の傾斜角の関係