

無線センサネットワークによる産業廃棄物堆積斜面の変状モニタリング

長崎大学工学部 学 ○堤 拓摩 長崎大学大学院 学 張 慧中 正 杉本 知史
 長崎大学大学院 F 蔣 宇静 正 大嶺 聖 非 石塚 洋一 西川 祐貴 岩崎 昌平
 富士通研究所(株) 非 山下 浩一郎 鈴木 貴久

1. はじめに

近年、建設分野において土木技術だけではなく、電気電子技術、情報処理技術など総合的な技術の導入により便益性・生産性・安全性・コスト性の向上を図る試みが盛んに行われている。その一つに観測施工や防災向けのモニタリングを無線通信を用いて行う方法が挙げられる。この方法のメリットとして、データ収集における人的労力の削減、機器間の配線不要による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。しかし、地形による通信の安定性、電源の確保や獣害対策などを問題点として抱える。本研究では、人工的に盛り立てられた土砂地盤を対象として、降雨による地盤の水の浸透と地下水位を無線センサネットワークモニタリングするためのシステムを構築し、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を目的としている。

2. モニタリング対象斜面の概要

図-1の対象斜面は、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、約4年前に大雨を原因とする変状が生じ、斜面下方でせり出し、中段付近でのクラックが発生した。そのため、土砂の切り返しによる緩勾配化と表層50cm程度の覆土による遮水工が施されている。現状の斜面形状は、法面勾配1:1.5、高さは40mとなっている。本研究では、特に降雨後の斜面内の土壌水分率や地下水位の上昇に着目し、後述するモニタリングシステムの構築を行った。

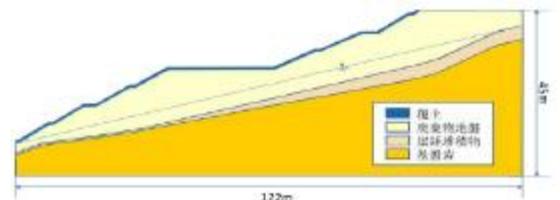


図-1 斜面の断面図

3. モニタリングシステムの概要

図-2に各種観測センサーの設置位置を示す。本研究で構築したモニタリングシステムは、エンドデバイス（端末）、ルーター（中継機）、コーディネーター（親機）の三つで構成している（写真-1）。エンドデバイスには土壌水分計・間隙水圧計・転倒マス型雨量計を接続している。これらより得られる出力電圧を増幅回路を通すことで分解能を調整し、無線ネットワークを介しコーディネーターに通信する。その際モニタリングエリア内に適宜設置したルーターを経由することで、安定した通信品質を確保するようにしている。5~10分毎に収集したデータはコーディネーターに蓄積され、LTE回線を通してブラウザ上で通信状況の確認やデータのダウンロードが可能である。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。さらに、太陽光発電を利用し、各端末にソーラーパネルと二次電池を接続して、自立的にシステムを運用している。



図-2 観測機器の設置位置



写真-1 各モニタリングシステム

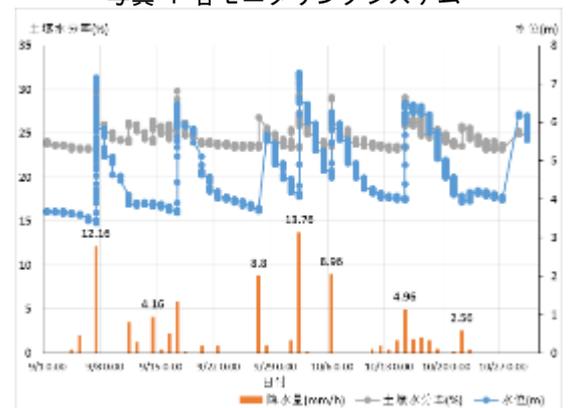


図-3 降雨量に対する土壌水分率と地下水位の関係

4. 降雨による地下水位の変動

総降雨量が比較的多かった今年の9月と10月の観測データ取

集および分析を行った。図-3は降雨量に対する斜面下段の土壤水分率と地下水位の関係を示す。降雨時には、晴天時23~24%である土壤水分率が約5%前後上昇することが確認できる。また、降雨とともに、地下水位が上昇していることも確認できる。雨が全く降っていない状態で深さ約3.7mの位置に水位を形成し、降雨に伴い地下水が約2~3m上昇していることから地表面付近まで飽和していることが推測される。

5. センサネットワークによる斜面表層のモニタリング

対象斜面の変形挙動を確認するため、中央開発㈱の協力により双方向遠隔自動監視システム「観測王」の傾斜計を場内10箇所に設置した(図-4)。深さ50cmの位置に埋設した当システムは水平方向と垂直方向の累積角度や変化量を10分間隔で記録し親機に送信され、ブラウザ上で確認することが出来る。今回は設置当初(2017年6月13日)から2018年1月8日までの期間中、総降雨量の最多月(7月)と最少月(11月)のデータを分析した。図-5に7月の、図-6に11月の降雨量と累積角度の関係を示した。降雨量が多い場合は、同じ期間での累積角度の変化が顕著に現れた。降雨により地下水位が上昇し、その影響で表層での変状が生じたことが推測される。今後は、4年前に起きた変状と現在の挙動の比較を、当時の地表面伸縮計観測データと当システムで得られたデータを用いて行う予定である。

6. おわりに

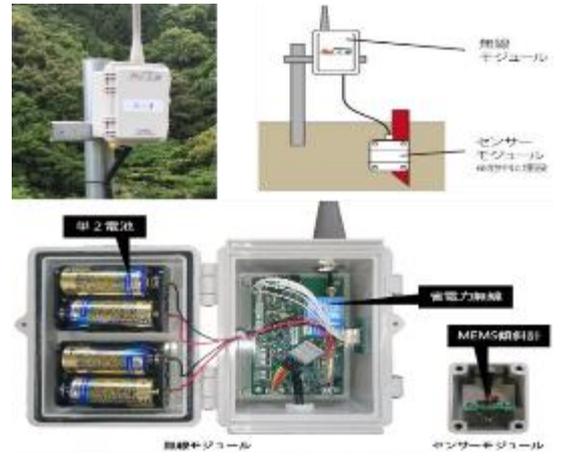
本研究では、無線センサネットワークを活用した斜面のモニタリングを通して斜面地盤の変動挙動の分析を行った。今後は本システムより収集したデータを応力-浸透流連成解析(解析コード：FLAC3D)を用いて、斜面の変状傾向や降雨や地下水位の条件に着目した解析に活用し、斜面の安定性評価や浸透挙動の分析を行う。

謝辞

本研究を遂行するに当たり、中央開発㈱の山口弘志様、藤谷久様他にご協力を頂いたことに対し、謝意を表します。また、この研究は、平成29年度科学研究費助成事業(若手研究(B):17K13005)の助成金交付を受けて行ったことを記します。

参考文献

張慧中ほか: 無線センサリングネットワークによる斜面のモニタリングシステムの構築, 平成28年度土木学会西部支部研究発表会後援概要集(CD-ROM), pp.381-382, 2017.3



引用：中央開発㈱HPより
写真-2 傾斜計の外観および内部



図-4 各傾斜計の設置位置

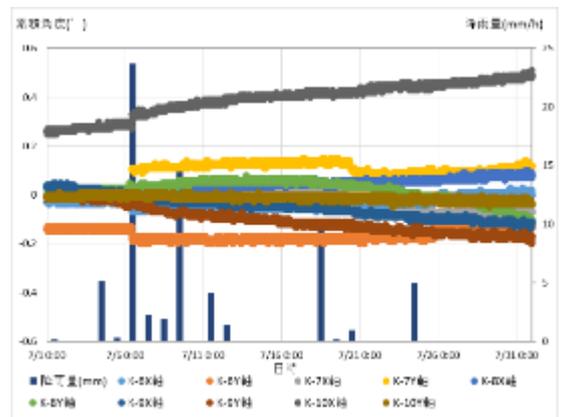


図-5 降雨量と累積角度の関係(2017年7月)

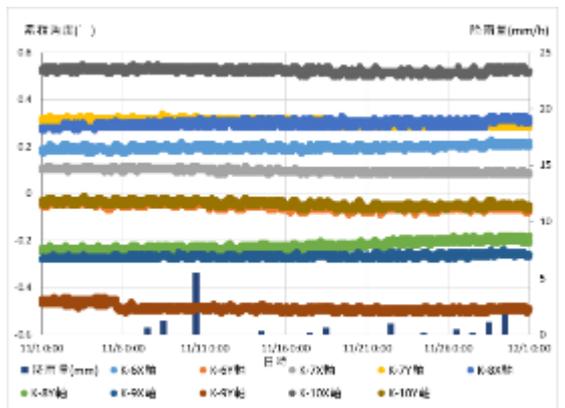


図-6 降雨量と累積角度の関係(2017年11月)