

地盤の変状検知システムのための簡易土壌センサーの適用

長崎大学大学院 学生会員 ○松永涼介 長崎大学 学生会員 安東 史晃
長崎大学大学院 正会員 大嶺 聖 長崎大学大学院 学生会員 李 翠

1. はじめに

近年、集中豪雨の増加により斜面崩壊等の災害の発生回数が増加している。災害は社会に悪影響を与えるだけでなく、人命に関わる事故を引き起こす可能性が非常に高い。災害を起こさないため斜面安定技術の向上が求められる。そのため、地盤の危険度を低コストで視覚的に分かりやすい計測手法の開発が望まれている。本研究では、電圧制御素子と小型 LED ライトを用いて地盤の危険度を可視化できる簡易センサー（土壌水分・地下水位・地盤変状検知）の開発を行い、その適用性を検証する。

2. 電圧制御素子 (MOSFET) について

電圧制御素子 (MOSFET) はトランジスタの 1 種であり、N チャンネル型、P チャンネル型の 2 種類がある。(図 1) また駆動電力が小さく、動作速度が速い特徴がある。3 端子電極が基本でそれぞれドレイン・ゲート・ソースがある。水に浸すと N チャンネルはスイッチがオンになり、P チャンネルはスイッチがオフになる。

3. 簡易センサーとしての活用方法

3.1 土壌水分センサー

本研究では、電圧制御素子の P チャンネルと N チャンネルを組み合わせ土壌水分センサーの開発を行う。図 2 に土壌水分センサーにおける MOSFET 回路図を示す。電圧制御素子 (MOSFET) の N チャンネルは土壌水分量が増すと電圧が増加し、P チャンネルは土壌水分量が減少すると、電圧が減少する特徴を用いる。

図 3 に様々な抵抗 (10K Ω , 100 K Ω , 500 K Ω , 1M Ω) を接続したときの電圧と体積含水率との関係図を示す。図より接続されている抵抗が大きいほど、電圧が下がりスイッチがオフになる体積含水率が高くなることから様々な抵抗を組み合わせることで土壌の水分状態を検知することができる。

3.2 地下水位センサー

本研究で用いる地下水位センサーの概要について示す²⁾。計測したい間隔で電極 A・B を取り付けて 1 つの棒状にする。試験装置が 15kg と軽量で携帯性に優れた簡易動的コーン試験で貫入させた貫入孔に塩ビパイプを挿入して、地下水位の観測を行う。並列接続した MOSFET 回路と乾電池の間に 10K Ω の抵抗を接続し、その抵抗間の電圧をデータロガーで一定の時間記録することで地下水位の変動を観測する方法である。

3.3 地盤変状検知センサー

地盤変状検知センサーは主に P チャンネルを用いる。MOSFET 回路の電極 A・B を接続させた状態で、斜面の地盤変状を観測したい箇所に設

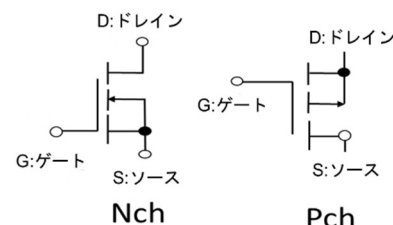


図 1 電圧制御素子 (MOSFET) の仕組み

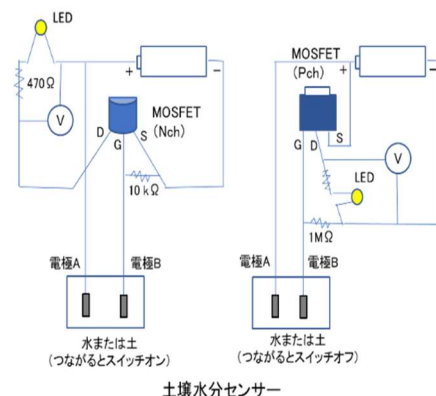


図 2 土壌センサーにおける MOSFET 回路

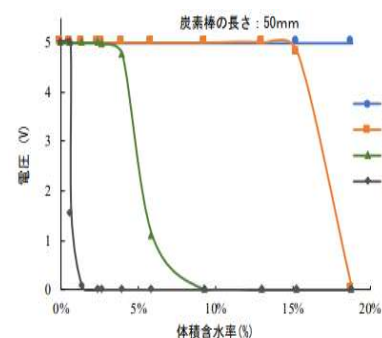


図 3 電圧と体積含水率との関係 (Pch)

＜地盤の変状検知センサーの設置例＞

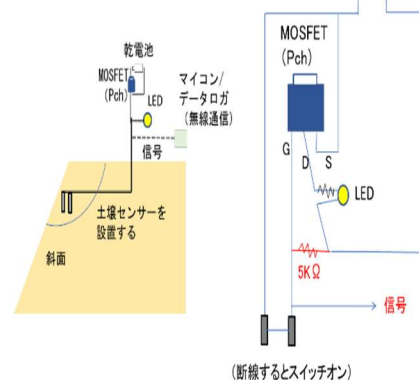


図 4 地盤変状検知センサー

置する。そして斜面が崩れワイヤーが断線するとスイッチオンになり、LED ライトが点灯する。そして接続されたマイコンやデータロガーで地盤の欠損を検知できる仕組みとなっている。(図 4)

4. 地盤の変状システムの考え方

本研究では、MOSFET を活用した計測機器で得たデータを無線送信するために、モノワイヤレス(株)の TWELITE を用いる。TWELITE と簡易センサーとの併用を行う。MOSFET を活用したセンサーの値を TWELITE 子機で読み取り、TWELITE 親機へ送信される。見通しの良いところでは 1km 程度の通信が可能である。子機で得たデータより親機が地盤の変状を察知すると TWELITE を設置している住民に危険を伝えることができる。(図 5)

5. 地盤変状検知センサーを用いた小型模型実験

地盤変状検知センサーの性能を検証するために室内で小型模型実験を行った。(図 6、図 7) 地盤変状検知センサーを 3 箇所設置し、水位の上昇・降雨に伴い斜面が崩れ無線通信が行われる。図 8 より、斜面の一部が欠損するとワイヤーが断線し、TWELITE 子機から親機へと無線通信され LED ライトが点灯することが確認された。しかし斜面が欠損しても②のセンサーが反応していない。これはワイヤーが断線せずに繋がったままセンサーごと崩れたためであり、今後改良の必要がある。また、図 2 のような電圧制御素子回路では配線の間違いなどで計測する電圧が不安定になることがあった。そのため電圧制御素子を複数用いてさらに安定した電圧を得ることのできる回路を検討中である。

本研究で用いた無線通信機器(TWELITE)はネットワークを使用しておらず、Arduino などのマイコンと組み合わせて wi-fi 通信を行うことも可能である。よって遠隔地から大量のデータが管理され、変状が生じた際には地域住民に警報を鳴らすという方法も考えられる。

6. おわりに

本研究では、電圧制御素子を用いて簡易センサー(地下水位・地盤変状検知)の提案を行った。本研究で用いられている地下水位センサーは従来の地下水位計のボーリング孔よりも小さい簡易動的コーンの貫入孔に設置可能である。また現場実験より、電圧の値から降雨後に地下水位が上昇することが確認された。また、無線通信(TWELITE)と MOSFET を活用した計測機器と併用を行くことにより、地盤の変状検知システムを構築できると考えられる。これは、子機に取り付けたセンサーのデータが親機へ送信され危険を察知するとすぐに地域住民へと伝えることができる仕組みである。

参考文献

- 1) 小山倫史ほか：山間地域における住民参加型斜面監視・モニタリングシステムの構築，第 61 回地盤工学シンポジウム，pp. 151-158，2018
- 2) 松永涼介ほか：電圧制御素子 (MOSFET) を用いた 簡易的な地下水位計の開発，令和元年度西部支部研究発表会講演概要集，pp. 379-380，2020

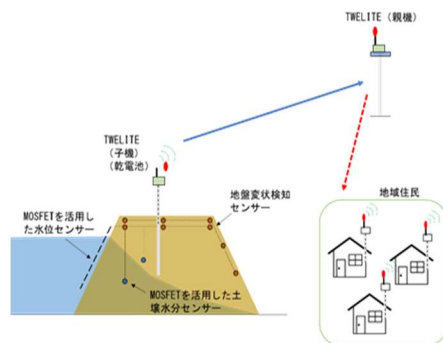


図 5 TWELITE と簡易センサーの併用

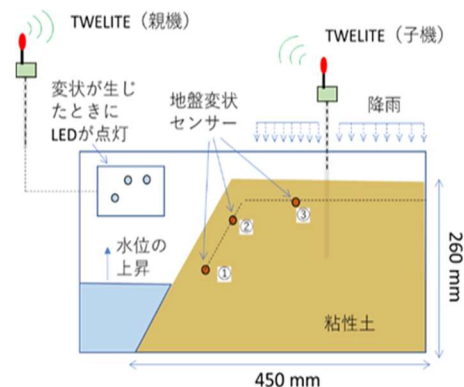


図 6 小型模型実験概要図



図 7 小型模型実験(初期)

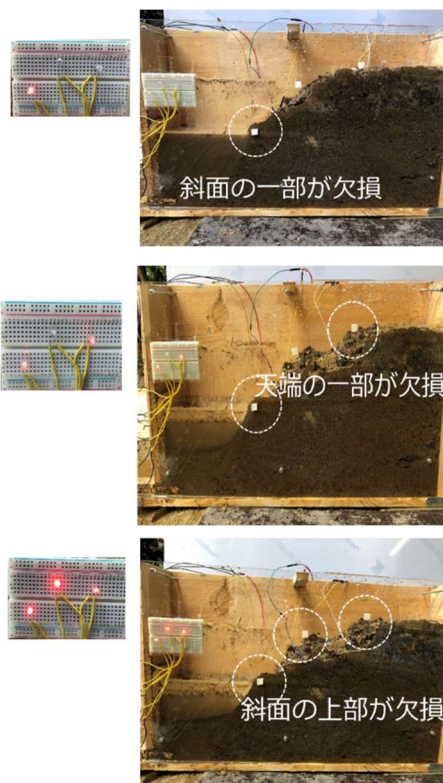


図 8 地盤変状検知センサー実験結果