

電圧制御素子を用いた簡易地下水位センサーの開発とその適用

長崎大学大学院 学生会員 ○松永涼介 長崎大学大学院 正会員 大嶺 聖
長崎大学大学院 フェロー会員 蔣 宇静 長崎大学大学院 正会員 杉本 知史

1. 研究の背景・目的

近年, 集中豪雨の増加により, 土砂災害が多発しており, 排水技術が求められる。さらに住民の少子高齢化が進み, 平素から脆弱性が高まっている集落も多い。こうした集落の地域防災力の向上のためには, 各地区内の「共助」, 各個人の「自助」を中心に地域防災を「日常化」にする必要がある²⁾。そこで, 本研究では高価なものでかつ専門的知識を必要とするものではなく, 電圧制御素子を利用した低コストで視覚的に優れた地下水位センサーの開発を試みる。

2. 電圧制御素子 (MOSFET) について

本研究では, 電圧制御素子 (MOSFET) ³⁾を用いて地下水位センサーの構築を試みる。MOSFET には N チャンネル, P チャンネルの2種類がある。3 端子電極が基本でゲート, ドレイン, ソースで, ゲートに電圧をかけることによりドレイン-ソース間が N チャンネルはオン状態, P チャンネルはオフ状態になる。MOSFET 回路図を図 1 に示す。R₁ = 470Ω は過電流で LED ライトが破損する恐れがあるため接続しており, R₂ = 10000Ω はゲートから負極へと繋げる。MOSFET 回路(Nch)は, 電極 A, 電極 B を水に浸すことで LED ライトが点灯する仕組みである。

3. 地下水位センサーの概要

本研究で用いる計測機器は, MOSFET (Nch) 回路, 塩ビパイプ, 寒冷紗から構成される。一定の間隔で電極 A・B を取り付け一つの棒状にする。棒状にしたものを塩ビパイプの中に入れる。塩ビパイプには 10cm 間隔で切れ込みを入れ, 土粒子の侵入を防ぐため寒冷紗を塩ビパイプに巻く。地下水位の観測方法は以下の2つがある。

観測方法 a : LED ライトでの観測を図 2 に示す。図 1 の MOSFET 回路を並列で接続する。電極 A, 電極 B を地中に入れ, 地下水位の変動を LED ライトで可視化する。

観測方法 b : 観測方法を図 3 に示す。LED ライト, R₁ = 470Ω が未接続である MOSFET 回路を並列で接続する。電極 A, 電極 B を地中に入れ, 地下水位の変動を計測する。その際, MOSFET 回路と乾電池の間に 10000Ω の抵抗を接続し, 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計測する。図 4 に n 個の場合の回路図の概要を示す。V' の電圧を求める。電源は乾電池を 4 つ使用しており V = 6.4V。R' = 10000Ω, R'' は 1 つの MOSFET 回路を計測した値から R_m = 25000Ω であり, 接続されている 10000Ω の合計 35000Ω とする。

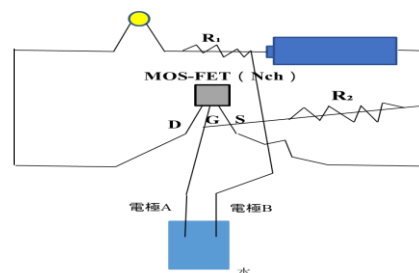


図 1 MOSFET 回路図 (Nch)

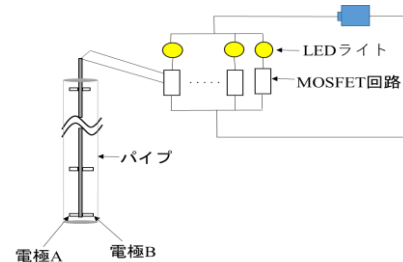


図 2 LED ライトでの観測

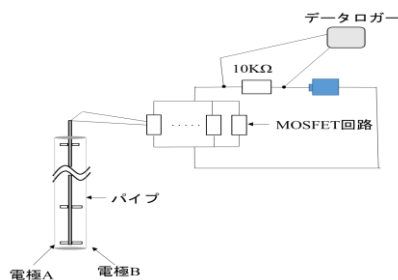


図 3 データロガーでの観測

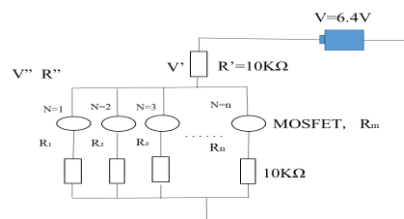


図 4 n 個の場合の回路図

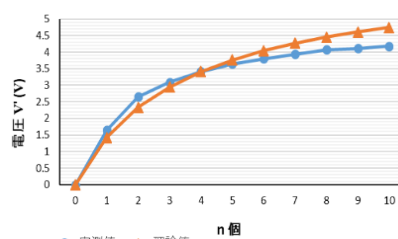


図 5 実測値と計算値の比較

キーワード：電圧制御素子 (MOSFET), 地下水位, LED ライト

連絡先：〒852-8521 長崎県長崎市文教町 1-14 長崎大学工学部社会環境デザイン工学コース TEL : 095-819-2626

以下の計算式から V' の電圧を求めることができる。

$$V' = \frac{R'}{R' + \left(\frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}} \right)} * V$$

電圧差を大きくし、感度を良くするために 10000Ω の抵抗を用いる。

4. 実測値と計算結果の比較

図 5 に計算値・実測値との比較の図を示す。実測値は観測方法 b で行った。MOSFET 回路を 1 個ずつ水につけ、その時の電圧を測定した。計算値及び実測値どちらも徐々に電圧が増加する傾向がみられる。また地下水位を算定する際には、実測値を用いる。

5. 現場観測

5(1) 武雄市内における現場観測 長崎自動車道、武雄 JCT で起きた地すべり面に 50cm 間隔で MOSFET 回路を 7 個つけた地下水位センサーを設置した。図 6 に武雄市内における簡易動的コーン貫入試験の結果を示す。武雄市内では、約 400cm の深さで挿入した。本来、現場で使われている地下水位センサーは機械を用いて穴を開ける。本研究では、簡易動的コーンで開けた穴に内径約 13mm の塩ビパイプを挿入することで観測できる。深さは地下水位の高さ、地盤の硬さ (Nd 値) によって異なる。設置初期の段階では電圧が 1.6V を記録し、地下水位が地表面から約 3.0m のところにあると考えられる。その後、再び計測したところ 2.4V を記録し地下水位が約 50cm 上昇していたと考えられる。

5(2) 大分市内における現場観測 大分市内における盛土のり面に地下水位センサーを 4 箇所設置した。図 7 に地下水位センサー設置の様子を示す。図 8 に現場の断面図を示す。現場は湧水が見られ、地下水位の変動が大きいことが確認されている。約 100cm の塩ビパイプを挿入している。また地下水位センサーは 8cm 間隔で MOSFET 回路を 10 個つけている。図 9 にデータロガーの計測結果について示す。データロガーで計測した電圧の値から地下水位に換算した。設置初期では、地下水位が地表面から 80cm 以下であったのに対し、降雨後では電圧が上昇し、地下水位も地表面から約 72cm まで上昇したと考えられる。

6. 結論

本研究では、電圧制御素子を用いて簡易動的コーンの貫入孔に設置可能な地下水位センサーを開発した。現場実験で計測された電圧から降雨後に、地下水位が上昇することも確認できた。

参考文献

- 1) 白石幸基ほか:湧き水の見られる斜面の排水対策としての導水装置の適用, 平成 30 年度土木学会西武支部研究発表会講演概要集, pp.481-482, 2019
- 2) 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
- 3) 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

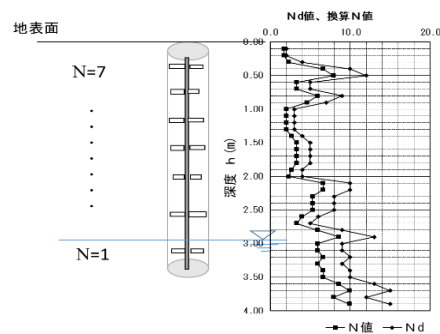


図 6 武雄市内における簡易動的コーン貫入試験結果



図 7 大分市内における地下水位センサー設置の様子

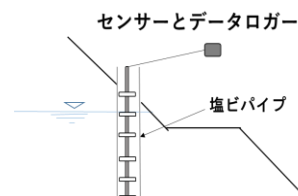


図 8 大分市内における断面図

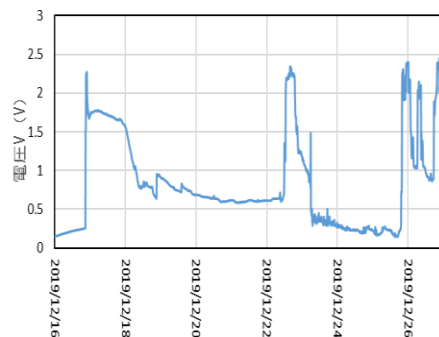


図 9 データロガーの計測結果

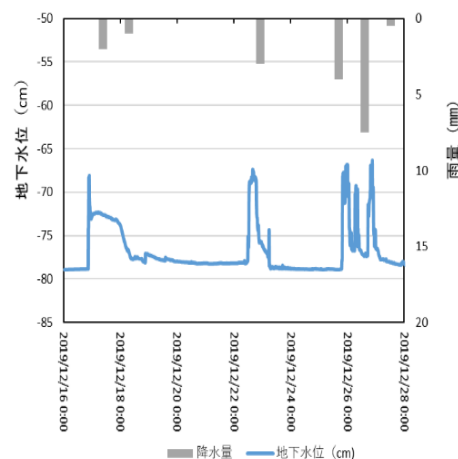


図 10 地表面からの地下水位と降水量