

電圧制御素子 (MOSFET) を用いた簡易的な地下水位計の開発

長崎大学 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. はじめに

近年, 中山間地において集中豪雨や台風等による土砂災害が多発している. 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, 防災訓練などの普及活動をするだけではなく, 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. そこで, 本研究では高価で精緻なものでかつ専門的知識を必要とするものではなく, 住民自らが日常的に計測に関わり, 日常とは異なる異変に気付くこと目的とした低コストで簡易かつ視覚的に優れた計測機器の構築を試みる.

2. MOSFET について

本研究では, 電圧制御素子 (MOSFET) というスイッチング素子を用いて地下水位計の構築を試みる. MOSFET には N チャンネル, P チャンネルの 2 種類がある. 3 端子電極が基本でそれぞれ G:ゲート, D:ドレイン, S:ソースで, ゲートに電圧をかけることによりドレインーソース間が 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. $R_1=470\Omega$ 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, $R_2=10000\Omega$ はゲートから負極へと繋げることで回路が安定する. 次に LED ライトが点灯している図を図 2 に示す. 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. MOSFET 回路(Pch)は, 水に浸していない場合は LED ライトが常時点灯しており, 水に浸すと LED ライトが消灯する仕組みである.

3. 地下水位計の概要

3.1 地下水位計

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, 電極 B を取り付けて一つの棒状にする. 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に寒冷紗を巻く. 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 3 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 4 に示す. LED ライト, $R_1=470\Omega$ 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 回路の前に 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.

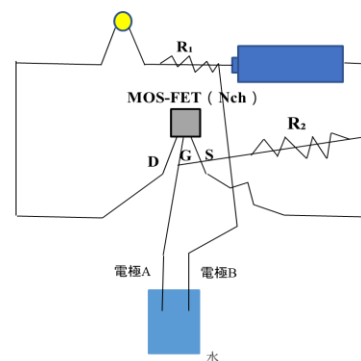


図 1 MOSFET 回路図 (Nch)

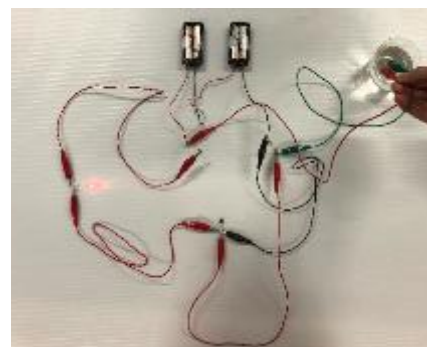


図 2 MOSFET 回路図 (Nch)

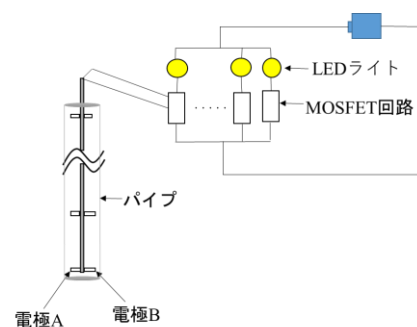


図 3 LED ライトでの観測方法

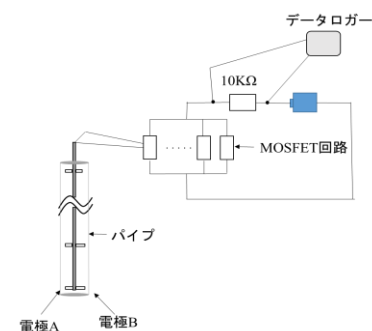


図 4 データロガーでの観測

図5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4つ使用しており $V=6.4V$ 。 $R'=10000\Omega$ 、 R'' は1つの MOSFET 回路を計測した値から $R_m=25000\Omega$ であり、回路に接続されている 10000Ω の合計 35000Ω とする。以下の計算式から V' の電圧を求めることができる。

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

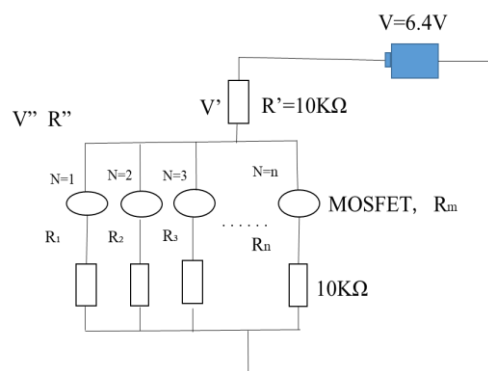


図5 n 個の場合の回路図

電圧差を大きくし、感度を良くするために R' は 10000Ω の抵抗を用いている。

3.2 実測値と計算結果の比較

図6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のやり方を学内で行った。MOSFET回路を1個ずつ水につけ、その時の電圧を測定した。計算値は $n=0\sim 10$ の場合の値である。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。

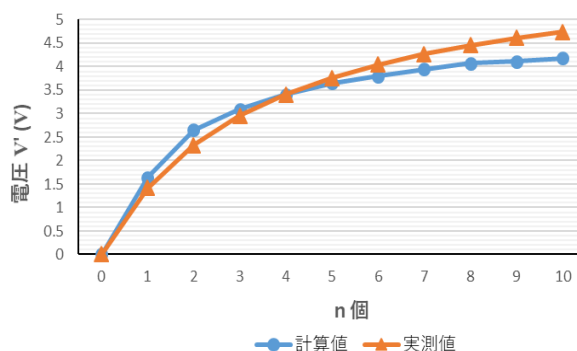


図6 計算値・実測値との比較

4. 現場実験

4.1 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地下水位計を2箇所設置した。図7に地下水位計設置の様子を示す。本来、現場で使われている地下水位計は機械を用いて穴を開ける。しかし本研究では、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。簡易動的コーンの結果の図を図8に示す。深さは地下水位の高さ、地盤の硬さ (Nd 値) によって異なる。武雄の場合は、400cmの深さで挿入することができた。設置初期の段階では電圧が1.6Vを記録しており、地下水位は地表面から約4mであると考えられる。そして現在、設置後の電圧及び地下水位を計測中である。



図7 地下水位計設置の様子

5. おわりに

現在現場で利用されている地下水位計はボウリング孔などを利用して計測することが多い。本研究では、MOSFET というスイッチング素子を用いて簡易動的コーンの貫入孔に地下水位計を設置することができた。また地下水位が上昇すると、データロガーで計測する電圧も大きくなることが確認できた。

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) 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年度土木学会西支部研究発表会講演概要集，pp.481-482，2019。

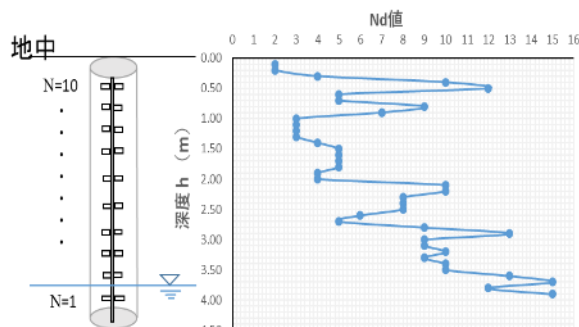


図8 簡易動的コーン試験の結果