

土壌水分計の測定対象土壌を用いたキャリブレーションについて

土壌水分計 キャリブレーション 体積含水率

早稲田大学 学生会員 ○西山 柁克

早稲田大学 学生会員 竹内 佳成

早稲田大学 学生会員 岡崎 啓一郎

早稲田大学 国際会員 赤木 寛一

東京地下鉄株式会社 国際会員 小西 真治

1. はじめに

近年、気象の極端化による短時間での集中豪雨により、各地で土砂崩れによる被害が報告されている。それらの被害を最小限とするためには備えが必要となり、関連する研究が急がれている。著者らはこれまでタンクモデル解析で得られる水分量の実斜面への適用性を検証する為、実斜面において土壌水分計を設置し、地盤内の水分量を測定してきた。一方で土壌水分計により測定される電圧から体積含水率を求める換算式は対象土壌に応じてキャリブレーションを行い、校正する必要がある。そこで、対象としている実斜面から採取した対象土壌を用いて対象斜面を再現した土槽を作成し、キャリブレーションを行い、換算式の校正を試みた。

2. キャリブレーション概要

(a) 対象土壌

本キャリブレーションの対象土壌は著者らが土壌水分計を設置している早稲田大学本庄高等学院敷地内の斜面の土壌とする。図 1 に対象斜面の断面図を示す。対象斜面は砂成分主体の表土、シルト成分主体の崩積土、礫成分主体の段丘堆積物(基盤)から構成されており、それぞれ深度は～15cm, 15～70cm, 70cm～程度である。また、植生により有機物の多く含まれる有機質土となっている。本キャリブレーションで用いる試料として対象斜面から表層とシルト層とを分けて採取し、土槽作成に用いた。

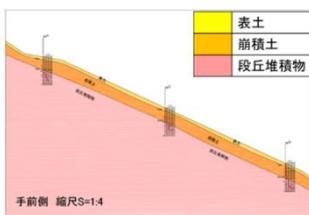


図 1 対象斜面の断面図

(b) 土壌水分計

土壌水分計は図 2 に示す Delta T 社製の Profile Probe を用いる。²⁾土壌の比誘電率は土壌の含水量に依存する。今回用いる土壌水分計は水とその他の土壌物質の誘電率が異なることを利用し、土



図 2 土壌水分計

壤内の水分量を電圧として出力するものである。体積含水率は出力された電圧値に換算式を用いて換算し、算定する。しかし、換算式は Topp や各メーカーが独自に定めるものがあるが、換算式のパラメータは一般化されたものであるため、全ての土質に一概に適用できるわけではない。下辺の研究によれば、誘電率測定法に関わらずキャリブレーション特性は、土の種類及び土性に大きく依存していると指摘されている。³⁾従って、精度良く実斜面の水分量を測定するためには、対象土壌に応じて換算式を校正するキャリブレーションを行う必要があると考えられる。

(c) 土槽作成手順

土槽は図 3 に示すものを用いる。土槽は最下段のみ 10cm でその他は 1 段当たりの高さが 9.2cm の計 6 段であり、1 段ごとに取り外しが可能となっている。対象土壌はあらかじめ室内で広げ 2~3 日風乾させ、土槽作成前日にその一部を回収して含水比を測定し、初期含水比とした。土槽作成のフローチャートを図 4 に示す。土槽はフローチャートに従い、土槽全体の乾燥密度が一定となるように 1 段ずつ作成し、下 4 段分にシルト層を用いて、上 1.5 段分に表層を用いて、計 5.5 段分を作成し対象斜面を再現した。図 5 に完成した土槽の状況を示す。



図 3 土槽



図 4 土槽作成フローチャート

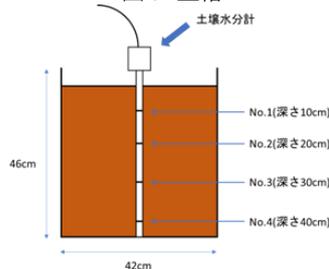


図 5 完成した土槽の状況



(d) キャリブレーション条件

表 1 に各キャリブレーション条件を示す. 表 1 の条件のもと, 目標含水比が 20%, 23%, 26%, 29%, 32%, の計 5 つの場合における電圧を土槽表面から深さ 10cm~40cm まで 10cm ごとの計 4 カ所で測定し, 体積含水率と電圧の関係を求めた. 但し, 含水比は各目標含水比において土槽の 1 段目, 3 段目, 5 段目の計 3 カ所の含水比を測定し, その平均を土槽全体の含水比として考える. また含水比測定のため取り分けた試料の分として, 同じ質量の含水比を調整した試料を加えて土槽に補充した. 加えて, 電圧の計測時間はそれぞれ土壌水分計設置から 5 分後としている.

表 1 各実験条件

土槽の直径 (cm)	42
土槽 1 段の高さ(cm)	9.2
試料の初期含水比(%)	3.65
土槽内試料の乾燥密度(g/cm ³)	1.007

3. キャリブレーション結果

各目標含水比における含水比の実測値, 電圧の測定結果及び含水比の実測値をもとに算出した体積含水率を表 2 に示す. 但し地点 No.1(深さ 10cm)の電圧の測定結果においては, ハンドオーガーを抜き取る際の影響により, 土槽表面付近の孔が広がり, 土壌水分計と試料の間に隙間ができたことにより, 正確に計測できていないと考えられるため, 電圧の平均値はそれを省いて算出した値となっている. また, 表 2 の結果をもとに図 6 に体積含水率 θ と深さごとの電圧 V の関係を, 図 7 に体積含水率 θ と電圧 V の平均値の関係をそれぞれ示す.

表 2 各目標含水比における測定結果

目標含水比(%)	20	23	26	29	32
含水比実測値(%)	19.90	22.35	25.75	28.08	30.25
電圧の平均値(V)	0.736	0.785	0.810	0.848	0.864
体積含水率 θ (%)	19.9	22.4	25.8	28.1	30.3

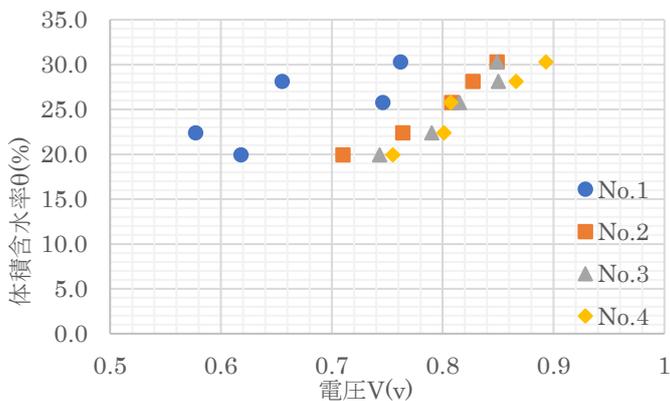


図 6 体積含水率 θ と深さごとの電圧 V の関係

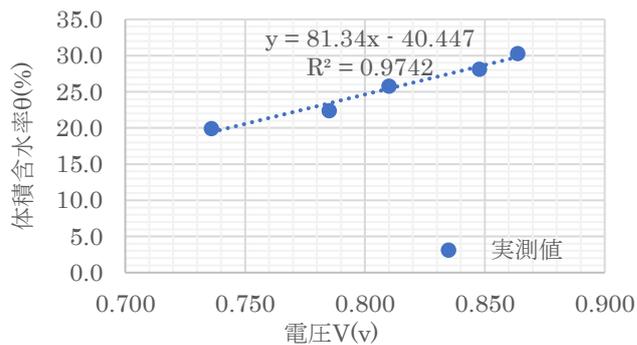


図 7 体積含水率 θ と電圧 V の平均値の関係

4. 考察

表 2 より, 目標含水比が高くなるにつれて含水比は実測値との差が広がるものの, 平均する前の各計測結果において特筆するほど偏った値は出なかった. よって, 土槽作成時点において土槽内の含水比は比較的均一であったと考えられる. また, 図 6 より計測地点が深くなるほど電圧の値が大きくなる傾向にあることがわかる. これは, 土槽作成に時間がかかることから, 時間経過等により間隙水が土槽下部へ浸透したことによるものと考えられる. 加えて図 7 より, 体積含水率 θ の増加と共に電圧 V の平均値も増加し, 体積含水率 θ と電圧 V の線形関係が読み取れる. よって, 本キャリブレーションにより得られた対象斜面における θ - V の換算式は以下の様に表される.

$$\theta = 81.3V - 40.4 \quad \dots\dots(1)$$

ここに θ : 体積含水率(%), V : 電圧(v)である.

以上の式(1)を $0.736 \leq V \leq 0.864$ の適用範囲において対象斜面に対して用いることのできる換算式として, タンクモデル法による土壌内の水分量の推定値との比較に用いる予定である.

5. おわりに

本キャリブレーションにより, 対象斜面における体積含水率 θ と電圧 V の換算式が得られた. 今後の課題として, 本キャリブレーションより得られた換算式を用いて, タンクモデル法による水分量の推定値と土壌水分計による実測値の比較を行い, 実斜面への適用性を検討していきたいと考える. また, 本研究の実施にあたり, 早稲田大学本庄総合事務センター事務部長新井智様にはお世話になったことをここに記し, 感謝の意を表する.

参考文献

- 1) 竹内佳成, 安藤悠, 小西真治, 赤木寛一: 盛土斜面を対象としたタンクモデル法を用いた降雨時の斜面安定解析, 第 51 回地盤工学研究発表会, pp.1985-1986, 2016
- 2) Delta-T Devices Ltd : User Manual for the Profile Probe type PR2, pp.17~19, 2008
- 3) 下辺悟: 土の誘電率と含水比の関係, 第 39 回地盤工学研究会発表, pp.307~308, 2004