

無人化に向けた小型現場透水試験装置の評価実験

工学院大学 ○大嶋陸 森田宙 生出将士 羽田靖史
 東京農工大学 白木克繁
 北海道大学 厚井高志
 国際航業株式会社 金井啓通 皆川淳 島田徹

1. 緒言

本研究は、火山噴火後の立入規制区域における、浸透能調査手法の開発を目的とする。火山噴火により火山灰が堆積すると、地面の浸透能が低下し降雨による土石流が発生しやすくなる[1]。そのため、噴火後の火山斜面の浸透能を把握することが重要である。本稿では浸透能調査の無人化に向けて、装置に搭載する小型現場透水試験装置の評価について述べる。

2. 過去の手法と課題

これまでに我々の研究グループでは、ドローンに搭載して立入規制区域に運搬・設置し、地面に水を流した様子をカメラで撮影することで浸透能を定性的に観察・評価する自動透水性試験装置を開発した[2]。本研究ではこれを改善し、より定量的な評価を行う。

手動で行う浸透試験の手法としては、地盤工学会が定める「地下水水面より上の地盤を対象とした透水試験方法」(JGS1319-2018)[3]や、これを簡易化した土木研究所が提案する「簡易現場透水試験方法」[4]がある。本研究では、簡易現場透水試験方法を元に、無人化するために、以下の改良方針とした。

- 1) 小型化：水を投入するパイプを、 $\phi 76\text{ mm}$ から $\phi 12\text{ mm}$ とし、大きさ、重量、必要な水量を縮小した。
- 2) 画像処理：パイプ内に水位計を設置するのではなく、透明パイプに流れる色水を、外部から撮影し、画像処理して水位を求めることとした。これにより複数検体の水位もカメラ 1 台で同時に測れるため、装置がシンプルかつ軽量化できる。
- 3) 設置方法：元手法ではパイプを手動で埋め込み、止水材を上にかぶせる必要があった。本手法ではばね機構を用いて地面に押し当て差し込むだけとした。ドローンによる無人設置のため、地表の細かな凹凸や石などにより計測できない可能性があるが、検体を複数用意することで確率的にこれを回避する。

上記の方針に従い、小型現場透水試験装置を作成した。図 2 が試験装置部分であり、大きさは $21\text{ cm} \times 17\text{ cm} \times 21\text{ cm}$ 、重量は 790 g である。図 3 が給水部分や地面への差し込み機構、コンピュータを含めたシステム全体の写真である。大きさは $110\text{ cm} \times 110\text{ cm} \times 65\text{ cm}$ 、重量は約 5.5 kg である。



図 1 簡易現場透水試験方法[3]

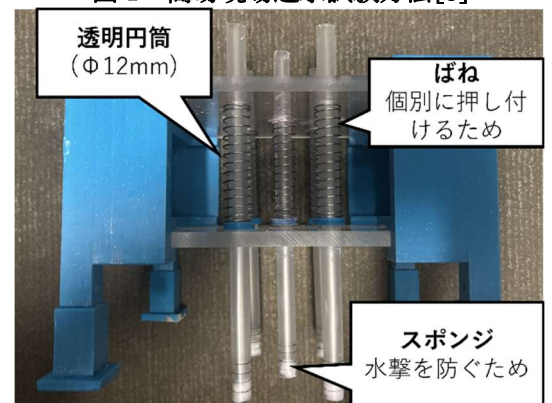


図 2 開発した小型現場透水試験装置



図 3 小型現場透水試験システム

3. 小型現場透水試験装置の評価実験

土木研究所から簡易現場透水試験装置

表1 本開発手法による実験結果

表2 元手法による実験結果

(元手法)をお借りし、本研究で開発した小型現場透水試験装置(本開発手法)を比較した。水抜け穴の開いた容器を水に浸しながら充填することで、密度を均一にしながら粒径 550 μ m程度の珪砂を 10cm 敷き詰め、試験機に水を数回入れ、飽和した状態の水位低下速度を計測した。この水位低下速度を元に文献[3]等の掲載されて

回数	水位低下速度 / mm/s
1	-2.91
2	-3.26
3	-3.35
4	-3.11
5	-2.81

回数	水位低下速度 / mm/s
1	-2.17
2	-2.11
3	-2.12
4	-2.12
5	-2.07

いる計算を用いて透水性を測るため、これが同様の値を示せば、2つの装置は同様の能力を持つといえる。

結果を表1、表2に示す。図4、図5は5回目のそれぞれの水位グラフである。水位が低下し始めたところから最小二乗法により回帰直線を求め、その傾きから水位低下速度を算出した。水位低下速度を比較すると、オーダーは同じであったが、1.4倍程度の差があった。この原因については今後究明を行う。

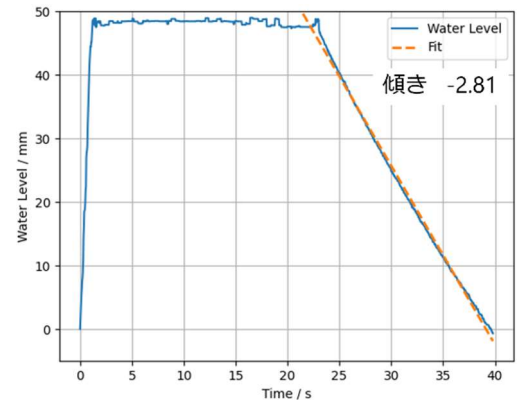


図4 本開発手法実験での水位グラフ

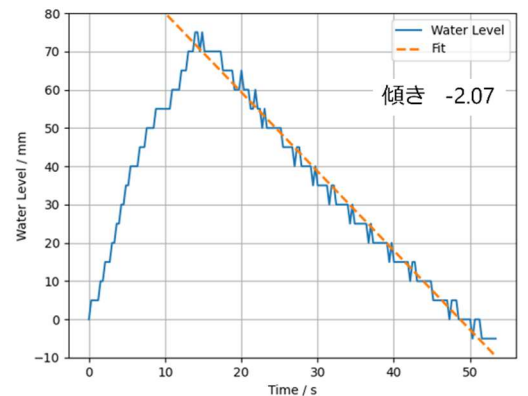


図5 元手法実験での水位グラフ

4. 結言

本稿では無人小型現場透水試験の基本方針を述べ、開発した装置を元手法と比較評価した結果、計測した水位低下は差異が見られたが、オーダーとしては同じであり、本検証実験の範囲では開発手法はある程度有効であると言える。ただし、開発した手法は無人で行われるものであるため、様々な土質や地面性状で繰り返し試験を実施し、有効性を明らかにする必要がある。また、本稿では透水試験装置部分のみを評価したが、ドローンを組み合わせたシステム全体の評価も今後行う。

謝辞

本研究の一部は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP) 第3期「スマートインフラマネジメントシステムの構築」JPJ012187(研究推進法人:土木研究所)によって実施されました。

参考文献

- [1] 池谷ら, “雲仙・水無川の土石流発生機構について”, 砂防学会誌, 46 巻(1993-1994)2 号 p.15-21, 1992-09
- [2] 谷島ら, “土石流の発生予測を目的とした UAV 搭載型自動透水性試験装置の開発”, 第 17 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会論文集, ROMBUNNO.1H2-6, 2016.
- [3] 地盤工学会, “地盤工学会基準 JGS 1319-20xx 地下水面より上の地盤を対象とした透水試験方法”, 2024 年, <https://www.jiban.or.jp/wp-content/uploads/2024/07/399508f475e87b44737394944a192629.pdf>
- [4] 国立研究開発法人土木研究所, “地表面における非定常浸透による簡易現場透水試験方法(案)”, <https://www.pwri.go.jp/team/smd/pdf/tousui.pdf>