

第Ⅲ部門

カラム模型実験におけるサイフォン径と排水量、水位に関する基礎的研究

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○南口優貴・小橋俊也
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 小泉圭吾・小田和広
 岡山大学大学院環境生命科学研究科 正会員 小松満
 インドネシア国立科学院地質研究所 非会員 Adrin Tohari

1. はじめに

近年の異常気象による地すべりの増加に伴い、人的被害や経済的損失が発生している。地すべりの発生頻度が高い東南アジアでは、サイフォンを利用した地すべり対策工（以下、サイフォン工とする）の検討が行われている。サイフォン工は図-1 に示すように、水頭差を利用して地下水の排水を行い、地下水位を低下させる工法である。サイフォン工を適用する際には、サイフォンによってどれほどの水位低下が見込めるのかを推定することが重要であるが、現状においてその効果を定量的に評価する手法は確立されていない。本研究では最初の試みとして、カラム模型実験を通じて、サイフォン管の径の違いによる水位低下効果を確認し、次に、計測されたサイフォン管の排水量に基づくカラム模型内の水位の算出式の提案と妥当性の検証を行った。

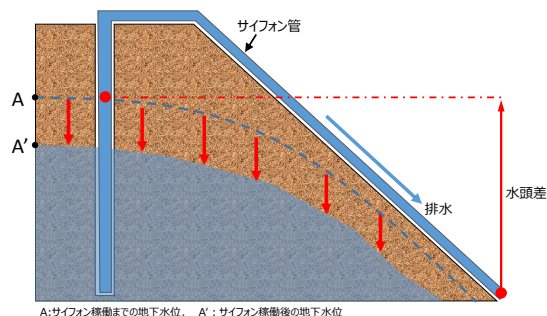


図-1 サイフォン工のメカニズム

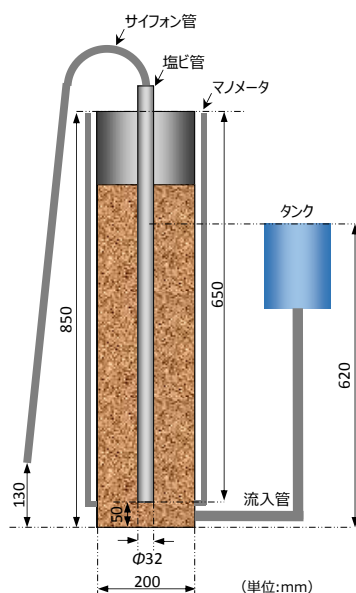


図-2 実験装置

2. サイフォン管の径の違いによる水位低下効果

(1) 実験概要

図-2 に示す塩ビ製カラムを用いた模型実験装置を作成し、サイフォン管の径の違いによる水位低下効果を評価する。表-1 は使用した土の物性値を示している。まず、タンクの水位を地面から高さ 62cm に設定し、内径 16mm のホースを通して土を充填したカラムに水を流入させる。カラム内の水位が 62cm になったことを確認し、水頭差を利用してサイフォン管から水を排水する。なお、実験中のタンクの水位は 62cm で一定とする。その後、カラム内の水位が低下し、一定になった時点でその水位を計測し、実験を終了した。この実験を表-2 に示す、径の異なる 3 種類のサイフォン管で行った。実験ではマンメータを使用し、カラムの中心から 1.6cm, 5.0cm, 8.0cm の地点における模型土層内水位を測定した。

(2) 実験結果

図-3 はサイフォン管毎の排水量と各マンメータで

表-1 土の物性値

使用土	土粒子密度 ρ_s [g/cm ³]	間隙比 e [-]	透水係数 k [cm/s]
日光珪砂 6 号	2.68	1.06	1.67×10^{-2}

計測された水位の関係を示している。全体的な傾向として、サイフォン管の管径が大きいほど水位の低下効果が見られることが確認された。一方、Case5 と Case6.5 の水位差に比べて、管径の差が相対的に大きな Case6.5 と Case10 の水位差にはそれほど違いは見

られなかった. 特にカラムの中心から離れるに従って, Case6.5 と Case10 の水位はほぼ等しい結果となった.

3. 水位算出式の提案と検証

(1) 水位算出式の導出

図-4 はサイフォン管からの排水によって定常状態に達したカラム内水位を模式的に表している. ここで, サイフォン管の管路を流線とみなし, 図-4 の a 点と b 点でベルヌーイの定理を用いると, 式(1)が成り立つ.

$$h_a = h_b + \frac{v^2}{2g} + h_L \quad (1)$$

ここで, h_a と h_b はそれぞれ a 点と b 点における位置水頭[m]である. v は流速[m/s], g は重力加速度[m/s²], h_L は損失水頭[m]である.

流速 v は, 定常状態における排水量によって決定する. 損失水頭はサイフォン管内での摩擦損失水頭のみを考慮する. 式(1)より, 各ケースにおける a 点の位置水頭を算出することができる.

次に, カラム内の任意位置での水位を算出するために, 式(2)に示す重力井戸における揚水量と水位の関係式を用いる.

$$Q = \pi k \frac{h_2^2 - h_1^2}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} \quad (2)$$

ここで, Q は揚水量[cm³/s], r_1, r_2 は井戸中心からの距離[cm], h_1, h_2 は r_1, r_2 におけるそれぞれの水位[cm]を示している. 式(2)において Q をサイフォンからの排水量, r_1 をサイフォンの半径, h_1 を中心の水位として, 任意位置での水位を算出することができる.

(2) 水位算出式の検証

表-3 は各マノメータ位置における算出式による水位と実験値との比較を示している. 算出式による水位は実験値とほぼ等しい. すなわち, 本研究において導出した水位の算出式は妥当であることが確認された.

表-2 実験ケース

実験ケース	Case5	Case6.5	Case10
サイフォン管[mm]	φ5	φ6.5	φ10

4. 結言

カラム模型実験を通じて, サイフォン管の径の違いによる水位低下効果を確認したところ, 管径が大きいほどその効果が見られた. 次に, ベルヌーイの定理と重力井戸における揚水量と水位の関係式を用いて, サイフォン管の排水量から, カラム模型内の水位を算出する式を提案した. 最後に, 実験結果との比較を通じ

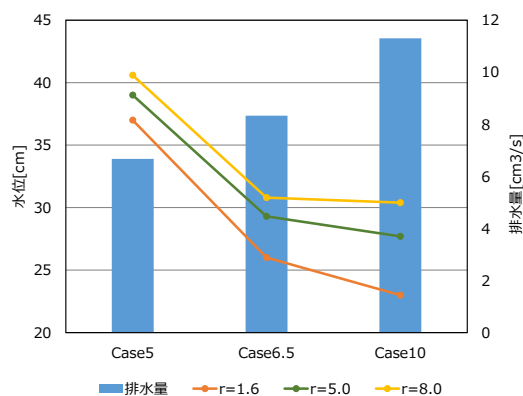


図-3 管径ごとの水位と排水量の関係

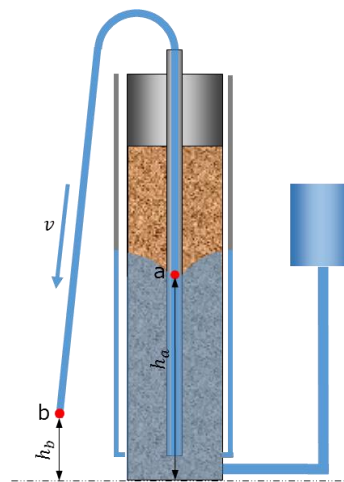


図-4 カラム内水位の定常状態を示す模式図

表-3 算出式による水位と実験値との比較

中心からの距離 (マノメータ位置) [cm]		1.6		5.0		8.0	
		理論	計測	理論	計測	理論	計測
水位 [cm]	Case5	38.1	37.0	40.0	39.0	40.7	40.6
	Case6.5	27.0	26.0	30.2	29.3	31.4	30.8
	Case10	21.9	23.0	26.9	27.7	28.7	30.4

て, 提案式の妥当性を検証した.

参考文献

- 一般社団法人農業農村整備情報総合センター
HP(ネプトライニング水路工法)
[http://www.nn-techinfo.jp/mdb_web/MdbShiryo.do?
process_flg=view&sc_touroku_no=1082](http://www.nn-techinfo.jp/mdb_web/MdbShiryo.do?process_flg=view&sc_touroku_no=1082)