

法面の排水性を向上させるサイフォン導水ホースの適用

長崎大学工学部 学生会員 ○中原 一貴 長崎大学大学院工学研究科 正会員 大嶺 聖
 長崎大学大学院工学研究科 学生会員 白石 幸基 フェロー会員 蔣 宇静 正会員 杉本 知史

1. はじめに

近年、集中豪雨の増加により、土砂災害発生件数も増加している。土砂災害の対策として、排水パイプなどが設置されているが、破損やつまりによって機能していないものも多い。

そこで本研究では、安価で簡易的に作成可能なサイフォン導水ホースを作製し、法面内の地下水の排水効果を室内および現場実験で検証した。

2. サイフォン導水ホースの原理

本研究では、図1に示す導水装置を用いて地表面付近の水を排水し、それによって生じる変化を調査する。排水は、サイフォンの原理と導水ホース中のアクリル紐(図2)による毛細管現象によって行う¹⁾。また、排水ホースの途中に水を一時的に貯めるタンクとサイフォンを起こすためのパイプを挟む。これにより、サイフォンが一時的に止まっても、再びタンクに水が貯まることで水を勢いよく流しだすことが出来る。

3. 導水装置の詳細

導水装置は斜面挿入部から、有孔管、導水ホース、タンク、凹凸パイプ、排水ホース、流量測定容器という順で繋がれている。導水ホースは透明なホース内径 18mm のものを 100cm、その中に 120cm のアクリル紐を 10 本、100cm の内径 9mm の中空ホースを入れる。アクリル紐はホースの片側から 20cm 出るようにし、中空ホースにアクリル紐や土粒子が侵入するのを防ぐため、有孔管に寒冷紗を巻いたものを装着する。導水ホースの下部側に容積 960ml のタンクと内径 13mm の塩ビパイプで作製した凹凸パイプを接続する。排水ホースは、現場での流量に応じて、内径 9mm と内径 13mm の 2 種類を使用している。

4. 室内実験

実験 1 理想流量、実流量、算出流量の比較

設置高さ 8.3m から導水ホース、タンク、排水ホースの順で繋いだ時のそれぞれの流量を比較した。理想流量はベルヌーイの定理を用いて、損失を無視して算出し、実流量は室内実験で測定したデータである。算出流量は、理想流量に形状損失、摩擦損失を計算に入れ、表1のパラメータを用いて算出したものである。表2から、理想流量と実流量を比較すると、理想値の20%弱となっている。内径 3mm 時に、理想値との比較の百分率が落ちているのは、径が小さすぎるために摩擦損失が、大きい径の時に比べ非常に大きくなるからだと考える。また、実流量と算出流量が近い値を示しているため、室内実験は装置としての最大の排水量が出ていると推察できる。したがって、この数値から排水ホースの径を現場の排水量に合わせて選択する目安になると考えられる。

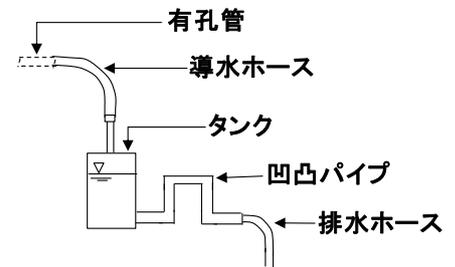


図1 導水装置の概要図

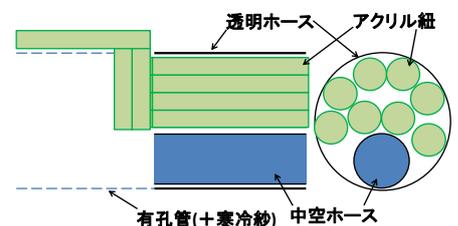


図2 導水ホースの断面図

表1 実験1のパラメータ

| 条件(損失等) | |
|---------|------|
| 入口 | 1 |
| 曲がり | 0.11 |
| 出口 | 1 |
| 角端 | 0.5 |
| 摩擦損失係数 | 0.03 |
| ホース長 | 8.3 |

表2 理想流量、実流量、算出流量の比較結果

| ホース内径 | ①理想流量 (ml/min) | ②実流量 (ml/min) | ①と②の比較(%) | ③算出流量 (ml/min) | ②と③の比較(%) |
|-------|----------------|---------------|-----------|----------------|-----------|
| 3mm | 5409.4 | 434 | 8.02 | 531.15 | 81.71 |
| 9mm | 48685 | 8444 | 17.34 | 7998.0 | 105.58 |
| 13mm | 101577 | 17068 | 16.80 | 19622 | 86.98 |

5. 現場実験

長崎県長崎市平間町の長崎自動車道に面する法面と、沖縄県国頭郡金武町の沖縄自動車道に面する法面で実験を行った。

実験2 導水ホースによる既存のパイプの排水実験(長崎)

長崎県の現場では既存の排水用の直径 50mm の塩ビパイプが設置されている。H27 年度 6 月に行われた法面排水工の排水量調査より、排水量が 1L/min 以下で湧水量の少ない排水パイプを対象とした。そこに有孔管、導水ホースを挿入した。塩ビ管内への水の流入流出を防ぐため、また、サイフォンが起こった際に負圧を持続させるためにシーリング剤で挿入部をシーリングした。図3から排水量の最大値は約 6451(g/min)であり、その時刻の雨量は 0(mm/min)であった。しかし、その時刻まで約 12 時間降雨を記録しているため、短時間で強い雨よりも、長時間で弱い雨の方が、排水量は多くなるとわかった。

この実験は昨年度から行っており、各年度からある程度の降水を記録した 24 時間を 3 期間選び、24 時間降水量と 24 時間排水量でそれぞれ分布させたものが図4である。図4から、降水量が多いほど排水量も多くなる相関関係を示していることがわかる。また、図の値以上の降水量には、より大量の排水を期待できる。

実験3 導水ホースによる地下水の排水実験(沖縄)

沖縄県の現場では、湧水が起こっている箇所を直径 3cm、長さ 80cm の穴をほぼ水平に明け、その穴に導水ホースを設置した。設置した導水ホースから、負圧がかからずに出てくる流量は 1810(ml/min)だった。その後、サイフォンタンク、排水ホースを繋げ、全て通った先で測定してみると流量は 3794(ml/min)だった。このことから、ホース内を水が満たされることで発生する負圧により、排水量が増加したことが分かる。

実験3の継続的な実験結果が図6である。天候に関係なく常時 3500(g/min)以上排水しており、降雨があってもわずかにしか排水量が増加していないのが分かる。これは現場の地表面付近に大量の地下水があると考えられる。

6. おわりに

作製した導水装置で、既存のパイプの排水実験では、外力を加えずにサイフォン現象を起こし排水出来ることを確認した。また、地下水の排水実験では、負圧をかけない時の排水量に比べ、サイフォン現象で負圧をかけたときの排水量の方が増加した。

謝辞

本研究の一部は「平成 29 年度 NEXCO 関係会社高速道路防災対策等に関する支援金」の支援を得て、行われたものである。

参考文献

- 1) (有)ミヤモト工建 導水ホースの開発: <http://www.ookubo.zaqrs.jp>
- 2) 白石幸基「毛細管現象とサイフォンの原理を用いた斜面内の地下水の排水手法の検討」, 平成 28 年度土木学会西部支部, 第三部, pp.279-280

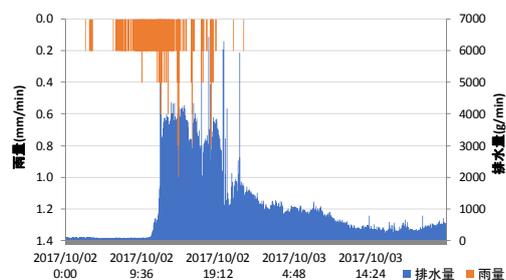


図3 既存のパイプの排水実験(長崎)の結果

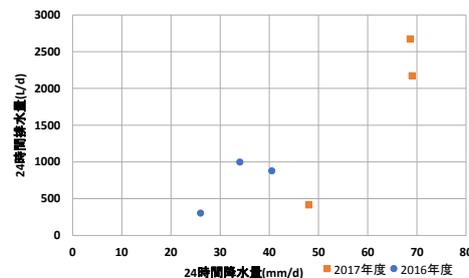


図4 24時間降水量と24時間排水量の比較



図5 長崎の現場実験の様子

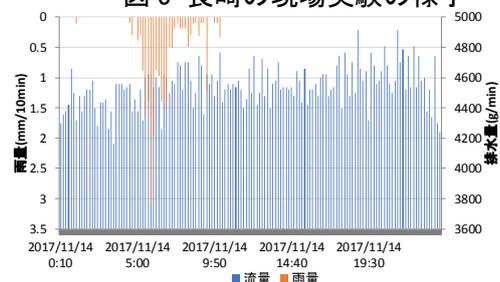


図6 地下水の排水実験(沖縄)の結果