湧水の見られる粘性土の道路法面の排水対策としての導水ホースの適用

長崎大学工学部　学生会員　○西岡　直人　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　蒋　宇静　正会員　杉本　知史

1. はじめに

近年，異常気象に伴う局地的・集中的な豪雨により，斜面崩壊や土砂災害等の被害が多発している．その対策の 1 つに斜面内に滞留する地下水の排水手法がある．

以前の研究 [1]は，簡易的なサイフォン導水ホースを作製し，岩盤層の有する排水量が 1L に満たない箇所で，法面に 1 本のみのホースを設置し排水量の測定を行った．そこで本研究では，法面内の地下水の排水効果を室内および湧水の見られる粘性土の道路法面を対象とした現場実験で検証した．

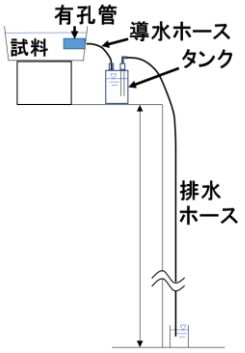

図 1　装置と実験概要

2. サイフォン導水ホースの概要

図 1 に示す導水装置を用いて，雨が降ったときの地表面付近の水を効率よく排水する手法を調査する．排水ホースから水が流れることにより発生するサイフォンの原理による排水を利用している．導水ホース中のアクリル紐（**図 2**）による毛細管現象によりタンク内に水を供給する仕組みである．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．

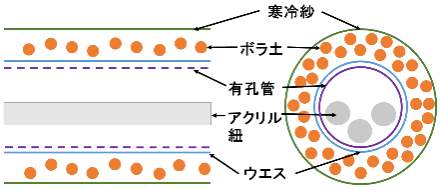

図 2　有孔管の断面図

導水装置は斜面挿入部から，有孔管，導水ホース，タンク，排水ホース，流量測定容器という順で繋がれている．現場での盛土が粘土質であるため，ホース内に土粒子の侵入を防ぐため，塩ビ管と内径 21mm の有孔管の周りにウエス，ボラ土，不織布（農業用寒冷紗）を順で覆っている．実際に使用している有効管の断面図を**図 2** に示す．導水ホースと排水ホースは内径 9mm のものを使用し，容積 940ml のタンクを使用する．

3. 実験方法

室内実験 1　ボラ土と寒冷紗の有無による排水量の比較実験

ウエスを巻いた有孔管と**図 2** の有孔管を用いて排水量を測定し比較する．今までウエスのみを用いて実験を行い，今回現場で粘性土を対象とするためボラ土と不織布を用いた．ここでの対象試料は水のみである．また，図 1 のように装置を設置し，設置高さは 2m で排水を行い，排水ホースの内径は 6.5mm，9mm のものを使用した．

表 1　大分粘性土の物性値

土粒子の密度(g/cm^3)		2.537
粒度分布（%）	砂	51
	シルト	7
	粘土	42
液性限界(%)		84.69
塑性限界(%)		46.86
塑性指数		37.84
透水係数(m/s)		4.9×10^{-8}

室内実験 2　試料と排水ホースの内径の違いによる排水量実験

対象試料を水の場合と現場の大分粘性土 11kg，水 22kg を使用した場合の 2 種類を用いて排水実験を行った．ここでは**図 2** と同じ有孔管を使用した．また，図 1 のように装置を設置し，設置高さは 2m で排水を行った．排水ホースの内径は 6.5mm，9mm ,9mm のホースの途中に 6.5mm を長さ 50cm 挟んだものの 3 種類を使用した．

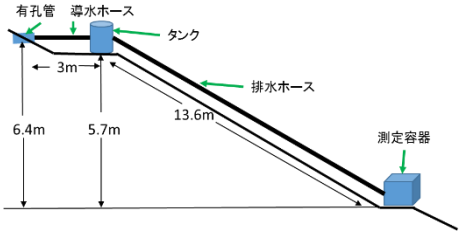

図 3　現場断面図

現場実験　2 種類の導水ホースを使用した排水実験

大分県大分市大字高崎の大分自動車道に面する盛土法面で実験を行い，湧水が見られ，降雨時に地下水が上昇することが確認されている．現場の断面図を**図 3** に示し、現場の大分粘性土の物性値を**表 1** に示す．

1 つ目は湧水が出ている箇所の表層部に奥行に長さ 0.8m の穴を 3 つ開け，それぞれの穴 3 本の導水ホース

を設置し，三又でホースをつなげた装置を設置する．2 つ目は地表面に沿って T 字型に長さ 2.5m の穴を開け，その穴に導水ホースを設置する．どちらの導水装置も導水および排水ホースは内径 9mm を使用する．

表 2　室内実験 1 の結果（水，高さ 2m）

排水ホースの内径	排水量(ml/min)	
6.5mm	有孔管＋ウエス	2967
	有孔管＋ボラ土＋寒冷紗	3050
9mm	有孔管＋ウエス	6788
	有孔管＋ボラ土＋寒冷紗	6936

4. 実験結果と考察

室内実験 1 の結果を**表 2** に示す．実験結果からそれぞれ比較すると，ボラ土と寒冷紗で周りを覆うことによる水の流れの阻害はほぼ無視できることが確認できた．これらから，**図 2** の有孔管を現場で用いる際に土粒子がホース内に進入するのを防ぎつつ，排水力を保てることが分かった．

表 3　室内実験 2 の結果（ボラ土，高さ 2m）

対象試料	ホースの内径(mm)	排水量(ml/min)
水	6.5	3050
	9	6936
	途中6.5	2018
大分粘性土	6.5	342
	9	114
	途中6.5	458

室内実験 2 の結果を**表 3** に示す．実験結果より，水を使用ときは内径 9mm のときの排水量が最大であるが，大分粘性土を使用したときは途中に 6.5mm を挟んだときの排水量が最大になった．これは，水のときはタンクへの供給量が多く，勢いよく流れるので内径が大きい分排水量が増加したと思われる．大分粘性土を使用したときは，水と比べて粘土自体の透水係数が低いため排水量が減少したが，サイフォンをかけないときの流量が 2.4ml/min に対し，サイフォンをかけると 400 ml/min 前後まで増加した．また，ホースの途中に内径の小さい 6.5mm のホースを挟むことで排水量を大きく変えずに，ホース内に水が満たされやすくなりサイフォンがかかりやすくなったためであると考えられる．

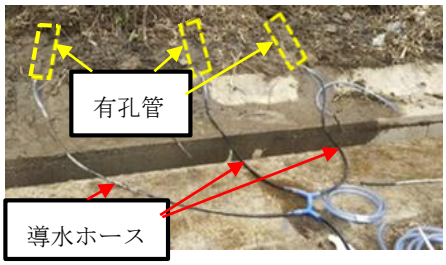

図 4　3 本の導水ホース様子

図 5　T 字型の導水ホースの様子

現場実験の様子を**図 4** と**図 5** に示し，それぞれ結果を**図 6** と**図 7** に示す．台風により降水量が増加した影響より最大流量が 3 本の導水ホースでは 2521ml/min，T 字型の導水ホースは 3294ml/min を記録した．これらより，排水量を比較すると T 字型のほうが多く排水されることが確認された．現場では水みちがあり，その部分に設置することにより排水量が確認できた．また，どちらの導水ホースも常時 1000ml/min 以上の排水が 1 日程度続いており，大雨の直後にサイフォンがかかり排水されることが確認できた．

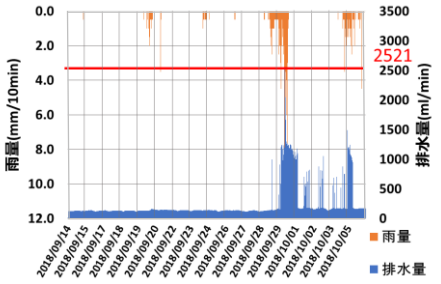

図 6　3 本の導水ホースの実験結果

5. おわりに

今回作製した導水装置での湧水が見られる粘性土の道路法面での適用性を確認することができた．対象土壌が粘土質の場合であっても，湧水があるところに設置することで 2500ml/min 以上の排水が行われることがわかった．また雨量が多いと，サイフォンが作用すると継続してかかり，排水効果が約 1 日持続することも確認できた．今後，さらに排水量が高まる方法を検討していきたい．

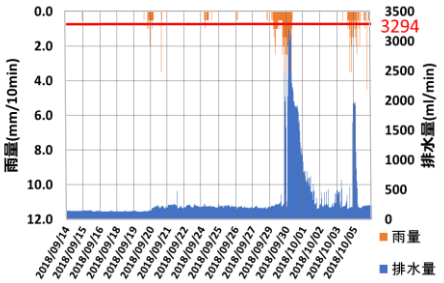

図 7　T 字型の導水ホースの実験結

謝辞

本研究の一部は「平成 30 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) 白石幸基ほか「サイフォン導水装置を用いた斜面の地下水の排水手法の適用」，平成 30 年度地盤工学研究発表会，pp.2035-2036，2018