

降雨による水の浸透と排水パイプの効果

東京都市大学 学生○鈴木敬規 正 伊藤和也
 東京都市大学大学院 学生 田崎翔
 東急建設 正 船元勝宏 正 野中隆博

1. はじめに

近年の気候変動に伴う集中豪雨や台風による降雨量は増加傾向にあり、2021年7月の熱海市土石流災害をはじめ、大小様々な盛土崩壊が全国各地で発生している。このような盛土崩壊の対策として図-1に示す排水パイプ工法が一般的に行われている。排水パイプ工法は鋼製のパイプを斜面に一定の間隔で打設することで地下水位を下げる働きがある。しかし、排水パイプの排水メカニズム、適用可能な地盤と排水パイプの関係性等は明確ではない。本研究では排水パイプの効率的な活用のため、排水パイプによる地盤内の排水メカニズムの解明を目的とする。既往の研究から地盤内が飽和状態となることで排水パイプから排水されることがわかっている²⁾。本報告では地盤の不飽和から飽和状態への過程における排水パイプの有効性、降雨の浸透挙動を確認するために模型カラム土槽を用いた降雨浸透実験を行ったので報告する。

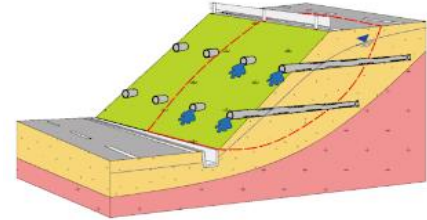


図-1 排水パイプ工法¹⁾



写真-1 実験模型

2. 降雨浸透実験

2.1. 実験概要

写真-1、図-2に実験模型概要を示す。模型土槽は直径205mm、高さ250mmの亚克力製円筒を二段重ねて使用した。排水パイプは直径6.0mm、長さ300mm、排水孔268個を使用した。空いている排水孔は直径1mmであり、開孔率10%である。模型地盤は高知県産山砂(2mmフルイ通過試料)を使用した。実験地盤の物理特性・使用条件を表-1に示す。模型地盤は締固め度 $D_c=90\%$ で一定とし、本実験では地盤内の飽和度 $S_r=50\%$ 、 65% になるように理想乾燥密度 ρ_d 、理想含水比 ω を求めて作製した。地盤高さが250mmになるように5回に分けて突固めで作製し、排水パイプを除く各層に土壌水分計(EC-5)を下から2層目に排水パイプを打撃貫入した。浸透水が土槽内に貯まらないように、排水層を設けて浸透水を放出できるようにした。降雨条件は友岡ら³⁾が行ってきた条件と合わせることでデータの比較ができると考え、降雨強度43mm/hの降雨を5分間継続、55分間の停止を1降雨とし、5回の降雨を1サイクルとした。ケース2は5回目の散水後1週間の休止期間を設け、2サイクルの散水を行った。

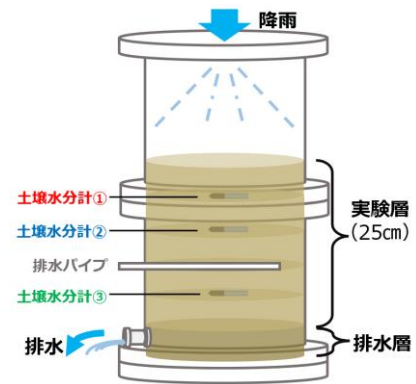


図-2 実験模型概要

表-1 実験地盤の物理特性・条件

物性値	最大乾燥密度	$\rho_{d\max}$	1.814	g/cm^3
	土粒子密度	ρ_s	2.685	g/cm^3
	最適含水比	ω_{opt}	15.6	%
実験条件	締固め度	D_c	90	%
	理想乾燥密度	ρ_d	1.633	g/cm^3
ケース1	目標飽和度	S_{r1}	50	%
	理想含水比	ω_1	12.0	%
	間隙比	e_1	0.645	
ケース2	目標飽和度	S_{r2}	65	%
	理想含水比	ω_2	15.6	%
	間隙比	e_2	0.685	

キーワード：排水パイプ、降雨、豪雨災害、盛土

〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL : 03-5707-0104 E-mail : g1918047@tcu.ac.jp

2. 2. 実験結果

ケース 1 は排水パイプからの排水を確認することができなかった。ケース 2 は最初の散水サイクルで 5 回目の散水から 2 分後に排水を開始し、完全に停止した 17 分間で 42.8ml 排水した。2 回目のサイクルでは、4 回目散水途中から排水を開始し、15 分間で 39.1ml 排水した。散水 5 回目も散水途中から排水を開始し、17 分間で 44.7ml 排水した。どの排水も開始直後に急激に増加し、ゆっくりと減少していった。排水時間はどれも 15 分程度であり、排水量も散水量の半分程度となった。排砂については、水が濁る程度のものであり 1 サイクルから排水の回数を重ねていく度に排水の濁りは小さくなっていった。排水パイプの孔直径が 1mm と小さいことや、排水パイプを埋設ではなく打撃貫入したことで地盤作製時に入り込む砂がほとんどなかったと考える。図-3, -4, -5 に飽和度の経時変化をそれぞれ示す。土壌水分計で計測した体積含水率 θ と間隙比 e を以下の式を用いて飽和度 S_r に変換した。

$$S_r = \theta \times \frac{e + 1}{e}$$

降雨時間は青色で示した場所である。飽和度の増減から水の浸透挙動を確認することができた。ケース 1 は排水パイプからの排水・排砂を確認することはできなかった。排水パイプは水分計②,③の間にあることから飽和度は最大で 75%ほどであったものと思われる。災害が発生するような降雨条件であっても、地盤内の飽和度が低い状態であれば、排水パイプが機能しないことが考えられる。ケース 2 で初期飽和度は異なっているが、降雨によっておおよそ飽和度 100% に収束している。下から締固めて土槽製作を行っているため締固め時に空隙が減ってしまい、下層の飽和度が高くなったと考える。ケース 2-1 排水が確認されたのは 5 回目の散水を行った後である。4 回目の散水で水分計①,②は飽和状態になっているが水分計③は飽和していないことから浸透過程での飽和では排水パイプは機能しないと考える。ケース 2-2 では 4 回目の散水途中から排水パイプの排水を確認した。3 回目散水から全ての土壌水分計が飽和状態となっているが排水パイプからの排水はなかった。飽和後しっかりと排水パイプからの水頭差が必要であることが分かる。

3. まとめ・今後の展望

土壌水分計を用いて水の浸透挙動を確認することができた。この規模の実験からは、降雨の浸透過程での飽和状態では排水パイプは機能しないという結果となった。排水パイプからの排水には一定の水頭差が必要であるとも考えられるため、さらに規模の大きい実験を行うことで浸透過程での排水パイプの効果を検討できるとも考える。キャピラリーバリアを用いた保水効果で排水パイプ周辺に水溜まりを発生させることで、同条件であってもより多くの排水を促すことができると考える。今後も降雨浸透実験を通して、不飽和地盤における降雨の浸透挙動と排水パイプの有効性について調査を行っていく。

参考文献

- 1) 太田ジオリサーチ「排水補強パイプ」 <https://www.ohta-geo.net/pdr.html> (閲覧日:2022/11/20)
- 2) 斎藤ら:有孔パイプによる新幹線盛土斜面の排水効果 鉄道技術研究報告 No.631 1968 年 8 月
- 3) 友岡ら:遠心場降雨発生システムを用いた斜面崩壊挙動の把握とその対策工に関する遠心模型実験

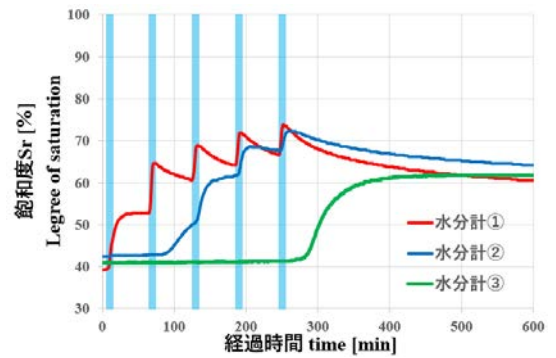


図-3 飽和度の経時変化(ケース 1)

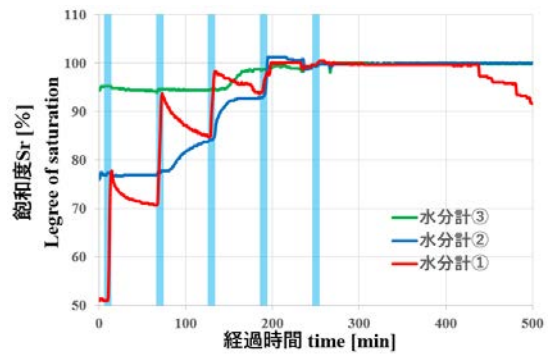


図-4 飽和度の経時変化(ケース 2-1)

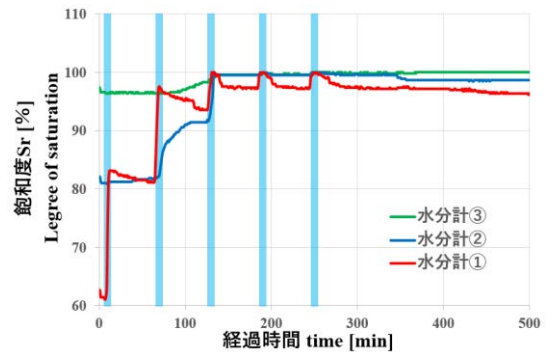


図-5 飽和度の経時変化(ケース 2-2)