

カラム通水実験における給水条件が土層の飽和度変化に及ぼす影響

九州産業大学 学生会員 佐野 和宏

九州産業大学 正社員 林 泰弘

九州産業大学 正社員 松尾 雄治

1. はじめに

降雨による斜面崩壊における被害低減に関係する避難警報の精度向上のためには、地盤内への水の浸透を把握し、危険度評価に反映させることが重要である。北九州市では急峻な斜面が多く存在し、不透水の基盤層の上にある表土が降雨によって崩壊する事例がある¹⁾。本研究では、降雨による地盤内への水の浸透を把握するために、カラム通水実験における給水速度と経過時間が土層内の飽和度の変化に及ぼす影響を調べた。

2. 実験方法

北九州市小倉南区長野緑地¹⁾で採取した崩壊地内の地山試料を用いた。表-1に示すように原土は砂分が多いものの、透水性を調整するため4.75~0.075mmに粒度調整して実験に使用した。

図-1にカラム通水装置の概要を示す。各カラムは内径5cm、高さ10cmの亚克力製である。緩い状態の土層の密度を設定するために予備実験を実施した。下部を排水可能な状態にしたカラム3段に試料を緩く投入し、土層の上部から100mm/hに相当する水を1時間ごとに給水した。通水によって徐々に土が締めまり、土層表面が沈下するため、給水毎に土層の深さを計測し、沈下が収束するまで継続した。終了後に、含水比を測定し、土層の乾燥密度を算出したところ1.03g/cm³となった。この乾燥密度での透水係数を変水位透水試験で求めたところ 8.45×10^{-5} (m/s)であった。現場の斜面²⁾は乾燥密度1.20g/cm³であったが、漏水が多く透水係数は得られていない。

本実験では、5段重ねた土層に乾燥密度が1.03g/cm³となるように締め固め、ケースAは10mm/h、ケースBは20mm/hとなるように定流量ポンプで上部から給水した。カラム下部が排水可能な状態で、上部から給水してから排水が始まるまでの時間を調べたところ、ケースAでは5時間、ケースBでは3時間であった。これを基に給水時間および給水後の放置時間を表-2の通り設定した。

3. カラム通水実験による飽和度分布

カラムを非排水状態にした後、表-2のケースで実験終了後に土層深さごとに飽和度を算出した。

図-2はケースA(10mm/h)の飽和度分布を示している。給水開始後2時間までは、深い部分では飽和度が変化していないが、3時間で下部まで飽和度が増加していた。予備実験では5時間で排水が始まった時の飽和度が約65%であったことから土の保水力の影響である

表-1 試料の物理特性²⁾

試料状態	原土	調整試料
土粒子の密度 g/cm ³	2.654	-
自然含水比 %	22.8	-
設定含水比 %	-	22.8
石分 %	0	0
礫分 %	7.1	9.2
砂分 %	70.6	85.4
シルト分 %	15.7	5.5
粘土分 %	6.6	0
最大粒径 mm	9.5	4.75
液性限界 %	53.2	-
塑性限界 %	30.3	-
塑性指数	22.9	-

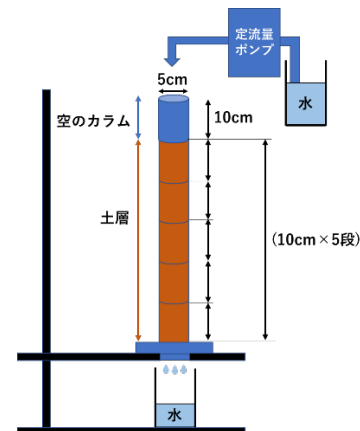


図-1 カラム通水装置の概要

表-2 実験ケース

		ケースA(10mm/h)			ケースB(20mm/h)		
総給水量(mm)	平均飽和度(%)	ケース	給水時間(h)	放置時間(h)	ケース	給水時間(h)	放置時間(h)
10	42.2	A-1	1	-	-	-	-
20	45.5	A-2	2	-	B-1	1	-
30	48.8	A-3	3	-	-	-	-
40	52.2	-	-	-	B-2	2	-
50	55.5	A-4	5	-	-	-	-
60	58.8	-	-	-	B-3	3	-
70	62.2	A-5	7	-	-	-	-
90	68.8	A-6	9	-	B-4	4.5	-
120	78.8	A-7	12	-	B-5	6	-
50	55.5	A-8	5	2	-	-	-
50	55.5	A-9	5	4	-	-	-
60	58.8	-	-	-	B-6	3	1.5
60	58.8	-	-	-	B-7	3	3

程度飽和度が上昇しないと排水しないものと考えられる。図-3 はケース B(20mm/h)の飽和度分布を示している。ケース A より短時間で飽和度が変化するが、変化傾向は同様である。

飽和度が上昇している部分まで水が浸透していると判断して、カラム通水実験での経過時間と浸透深さの関係をまとめたものを図-4 に示す。土層内の飽和度が変化しないと仮定して透水係数から予測した水の浸透時間も併記している。実際には土層内で吸水が起こるため、カラム実験のほうが浸透に時間を要するが、10mm/h より 20mm/h の方が透水係数による予測に近くっており、給水量増加によってさらに予測と近くなることが推測される。

図-2 より最下部まで水が達した以降の飽和度変化を考察する。7 時間以降は最下部の飽和度が約 80%に収束したまま、浅い層に向かって飽和度が上昇した。この実験条件では空気の逃げ道がないため、完全な飽和に至らなかったと推察する。5 時間給水後に放置した場合には重力によって水が下方に移動するため、放置時間とともに深い層の飽和度が徐々に上がり、逆に浅い層の飽和度は下がって 4 時間放置した後に初期飽和度に近くなった。

給水速度は異なるが総給水量が同じ条件について図-2 と図-3 で比較する。まだ水がカラム下部まで浸透していないケース A-2 とケース B-1 には飽和度変化に違いがみられるが、すでに水がカラム下部まで浸透しているケース A-6 とケース B-4、ケース A-7 とケース B-5 では類似した分布となった。このことから、不透水面に水が達した後は総給水量が同じ場合には飽和度変化は類似するだろうと予測できる。

4. まとめ

締め固めた土層の上部から給水した場合の土層の飽和度分布を経時的に観察した。給水量や給水時間、給水後の放置時間による飽和度の変化を把握することができた。今後は下部を排水にした条件で給水を停止した場合の飽和度の変化も調べ、考察を行いたい。

参考文献：1)甲木ら：平成 30 年 7 月豪雨による北九州市内の斜面崩壊について—その 1—小倉南区における崩壊メカニズムと原位置・室内土質試験結果の考察，第 55 回地盤工学研究発表会，21-12-2-02，2020.7. 2)土木西部支部「斜面災害リスクに関する評価手法の開発と斜面防災実用化に関する調査研究委員会」内部資料

謝辞：本研究は土木西部支部「斜面災害リスクに関する評価手法の開発と斜面防災実用化に関する調査研究委員会」から試料や情報、助言などを提供していただいて実施している。ここに記して謝意を表す。

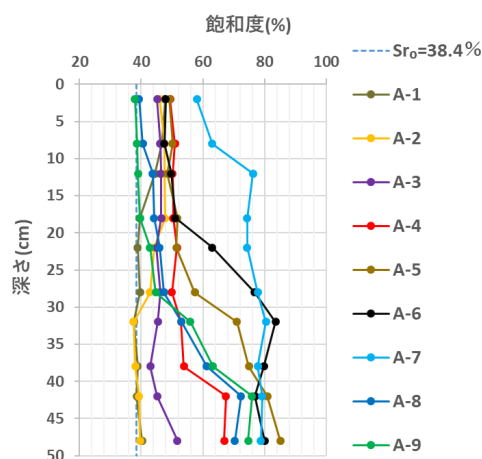


図-2 10mm/h 給水時の飽和度分布

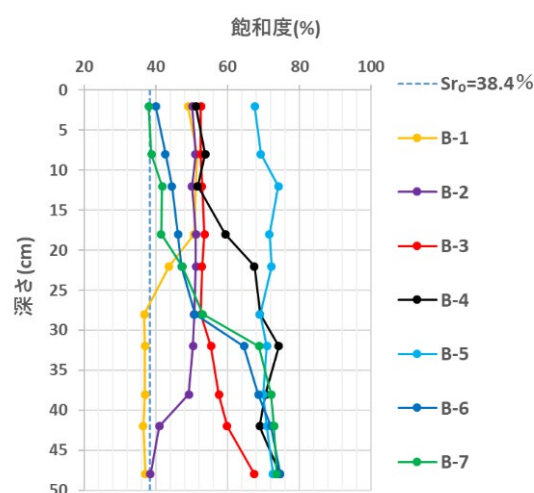


図-3 20mm/h 給水時の飽和度分布

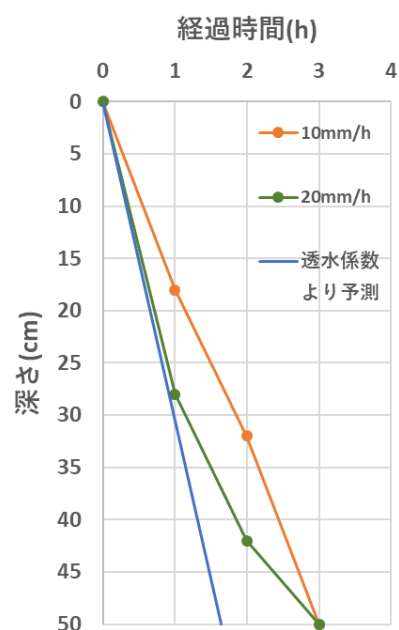


図-4 経過時間と浸透深さの関係