

土層内の水みちおよび封入空気による崩壊発生条件の変化に関する分析

国土交通省 国土技術政策総合研究所 桜井 亘, 内田 太郎, 泉山 寛明*1
紀伊山系砂防事務所 田中 健貴
株式会社 建設技術研究所 ○戸舘 光*2, 長井 斎, 奥山遼佑
(*1: 現 水管理・国土保全局砂防部砂防計画課 *2: 現 国土技術政策総合研究所)

1.はじめに

斜面土層内には「水みち」や「パイプ」と呼ばれる連続した孔隙(以下, 水みち)が存在することが知られており, 斜面崩壊発生に影響を与えている可能性が指摘されてきた. また, 比較的緩勾配な斜面における崩壊発生, 崩壊地直下から流動化する現象が発生することがあるが, これらの現象は, 土層を均質に扱い, 間隙水圧分布を静水圧分布で近似したモデルでは説明しがたい場合がある. 田中ら(2016)¹⁾は斜面勾配が斜面構成材料の内部摩擦角より緩い比較的緩勾配な斜面における模型実験から, 「水みち」や「土層内の封入空気」が土層の間隙水圧分布に影響を及ぼし, 内部摩擦角より緩勾配な斜面の崩壊に寄与している可能性があることを報告した. しかし, 田中ら(2016)の時点では, 水みちや封入空気が崩壊発生に及ぼす影響については実証的な結果が得られていなかった.

本報告は, 模型実験を追加し, 昨年度等の実験と同条件による再現実験を行い, 崩壊発生の再現性について検討を行った上で, 水みち, 土層内の封入空気が斜面崩壊発生に及ぼす影響を考察した.

2. 実験方法

2.1 斜面土層実験

実験水路は, 写真 1 に示す幅 30cm, 高さ 30cm, 斜面長 100cm, 斜面勾配 25° と 30° を使用し, 土層内の間隙水圧の変化を計測するため, マノメータを

10 本設置した. また, 擬似的な水みちとして, 内径 13mm の塩化ビニル管に直径 4mm の孔を流下方向に 2cm 間隔, 円周方向に 1cm 間隔に配置した. 水みちの配置は, 1 本のケースと, 上流側は 3 本で, 斜面中腹で 1 本に合流するケースの 2 種類とした.

実験砂は粒径 0.003mm~10mm の混合砂で, 中央粒径(d_{50})は 2.7mm である. また, 斜面表層に硅砂 7 号(中央粒径(d_{50})は 0.2mm 程度)を 3cm 厚で敷設し, 土層から大気への空気の流出を制御することにより, 封入空気の影響を検討した.

給水は, 土層上端にフェルトで仕切った貯水槽, 水みちに直結した高水槽により, 30 分毎に貯水槽と高水槽の水位が 20cm までは 5cm ずつ上昇させ, 20cm を超えた後は高水槽のみ水位を 5cm ごと上げた. また, 空気の封入を高めるため, いくつかの実験ケースでは人工降雨装置(130 mm/h 相当)で雨を降らせた. 実験ケースは表 1 に示す. 表 1 中で, アルファベットが同じものは同条件のケースである.

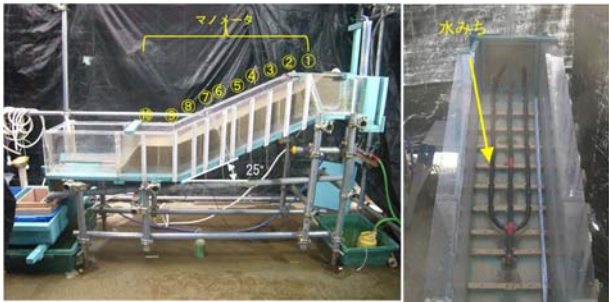


写真 1 実験水路と水みちの配置

表 1 実験ケースと崩壊発生の再現性結果

斜面土層の条件			混合砂										混合砂＋表層硅砂				
ケース番号			A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	C-1	C-2	D-1	D-2	E-1	E-2	F-1	F-2	G-1	G-2
斜面勾配	25°		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	30°											●	●			●	●
土層厚	20cm		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
水みち	1 本		●	●	●			●	●			●	●			●	●
	3 本→1 本					●	●			●	●			●	●		
給水条件	貯水槽・高水槽		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	降雨 130mm/hr							●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
貯水槽 水位	高水槽	土層厚															
	水位																
	50cm		×														
	45cm		△														
	40cm		△	×													
	35cm		○	○				×									
	30cm		○	○				○									
	25cm		○	○	×			○	×								
20cm		20cm	○	○	○			○	○								
15cm			○	○	○	×	×	○	○	×		×				×	×
10cm			○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	×	×	×	○	○
6cm			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

3. 実験結果

(1) 崩壊現象と条件の再現性

表 1 に示すように、土層内の水位が急上昇する水みち 3 本→1 本合流の条件(ケース B, D, F)では、土層の条件が「混合砂」か「混合砂+表層珪砂」によらず、同一条件での複数回の実験の斜面崩壊が発生するタイミングの差異は小さかった。

一方、ケース A や C のように封入空気、水みちの合流の影響がないケースでは、崩壊発生タイミングが同じケースであっても、1 回目と2 回目で差が生じた。さらに、ケース A1 のように、崩壊発生前に前兆的な土砂の動きが確認される場合もあった。

また、封入空気、水みちの影響がなくとも、勾配が 30° のケース E においては、異なる回による崩壊タイミングの差は小さかった。これは、ケース E の表面に珪砂を敷いたケース G にも共通して見られた。

(2) 土層条件と間隙水圧の変化

図 2 に珪砂 7 号を敷設した場合(ケース F2)としない場合(ケース B2)の土層内の間隙水圧の測定結果を示す。珪砂 7 号を敷設した土層内の空気が封入された条件では土層内の間隙水圧は大きい値を示しており、表-1 に示したケース F2 において、上流端の水位がケース B2 と比べて低い条件(10cm)で崩壊が発生したと調和的である。

(3) 土層内の封入空気が給排水機能に及ぼす影響

図 3 にケース B2 と F2 の崩壊発生までの供給水量と流出流量の時間変化を示す。土層内の空気が封

入された条件では、土層内の間隙水圧が高くなっているため供給量が少なく、土層内の滞留水量が少なくなる結果が得られた。この結果はケース F2 において、崩壊発生時の土塊自重がケース B2 より軽かったことを示している。内部摩擦角より、斜面勾配の小さい領域では、土塊の自重が軽いほど安全率は小さくなると考えられ、封入空気により、斜面の安全性が低下した可能性が考えられる。

4. まとめと考察

はじめに、同一条件で複数回の実験を行い、実験の再現性を確認した。その上で、斜面崩壊の発生について、土層内の封入空気が表層から放出される速度よりも、水位上昇の速度が上回り、土層内の封入空気が圧縮されて、間隙水圧が高まるといった条件が揃うと、崩壊が発生しやすくなる可能性が示された。

参考文献

- 1) 田中ら(2016), 斜面崩壊の発生に土層内の水みちおよび封入空気が与える影響, 砂防学会研究発表会概要集 P1-093
- 2) 多田ら(2002), パイプの存在が斜面崩壊に与える影響の実験的検討, 砂防学会誌, Vol.55No.3
- 3) 八木ら(1983), 雨水浸透による斜面崩壊, 土木学会論文報告集 Vol330
- 4) 太田ら(1981), パイプフローと山崩れについての1考察, 砂防学会研究発表会概要集 pp92-93

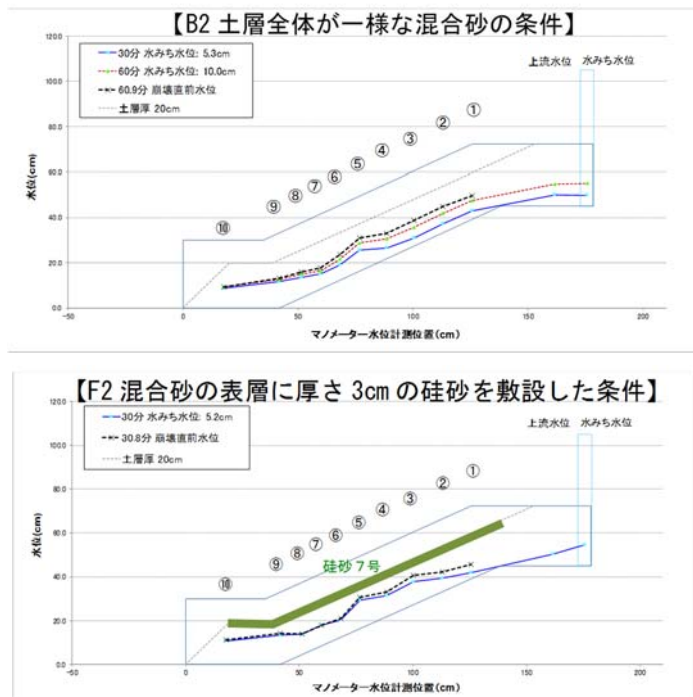


図 2 マノメータによる土層内の間隙水圧の変化

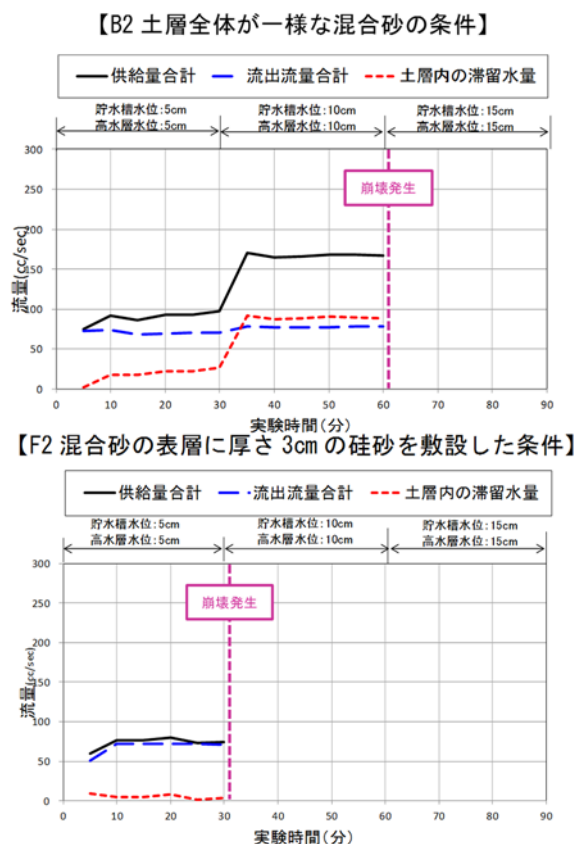


図 3 封入空気が給排水量に及ぼす影響の比較