

土層の透水性が斜面崩壊現象に及ぼす影響

立命館大学理工学研究科 ○水野仁、西村翔太
立命館大学理工学部 藤本将光、菅原大祐、里深好文

1. はじめに

降雨時における斜面崩壊の発生メカニズムとして雨水の浸透により表層土と基盤層の境界に飽和地下水帯が形成し、表層土が滑ることによって崩壊が発生すると考えられている。しかし、近年増加している短期集中豪雨の影響により透水性の低い地層において表層土と基盤層の境界に関係なく、斜面崩壊が発生する場合も想定される。これは土層の透水性が低い場合に雨水が斜面深層部に浸透せず土層浅層に飽和地下水帯が発生し斜面崩壊現象に及ぶ現象であると考えられる。本研究では土層浅層の地下水帯形成現象の解明を目指し土層の透水性の影響評価に着目した。本研究の実験では真砂土にカオリン粘土を配合したものを土層試料として用い、先行研究（水野ら、2022）を基とした。追加実験によって検証を行った。

2. 実験概要

本研究では、水野ら（2022）の結果を Case 0、新たに行った実験を Case1、2 とし実験データの比較を行う。Case1、2 については水野ら（2022）による透水性の条件設定試験の結果より真砂土の質量に対してカオリン粘土を 15% 配合したものを土層試料とした。その際、Case 0 で認められた試料の配合過程で土壌粒子が団粒化（ダマの形成）する問題点を解消するために試行実験を行い、混合試料の初期含水比を 18% とした。

表 1 に斜面形状、表 2 に各ケースの実験条件を示す。本研究では、室内人工降雨実験装置を用いて行った。また、土壌水分状態の計測機器はテンシオメーターを用いた。Case 0 では斜面手前から 35cm の位置には斜面表面から 10、30cm に、斜面手前から 65、95cm の位置には斜面表面から 10、30、50cm の位置の計 8 本設置した（図 1）。Case1、2 では斜面手前から 20、40cm の位置では斜面表面から 10、15cm に、斜面手前から 60cm の位置では斜面表面から 10、20、30cm の位置に、斜面

手前から 80cm の位置では斜面表面から 10、20 cm の位置の計 9 本設置した（図 2）。その際計測時間間隔は 1 分とする。

表 1 斜面形状の諸元

土層試料	真砂土 + カオリン粘土	
傾斜勾配	36°	
排水条件	前面に排水率10%の排水版 底面・側面・背面は不透水	
斜面形状	底面幅	60cm
	奥行	100cm
	高さ	50cm
	天端幅	60cm

表 2 各実験ケースの条件

	真砂土に対する カオリン粘土の 割合 (%)	密度 (g/cm ³)	初期含水比 (%)
Case0	15	1.4	5
Case1	15	1.5	18
Case2	10	1.5	18

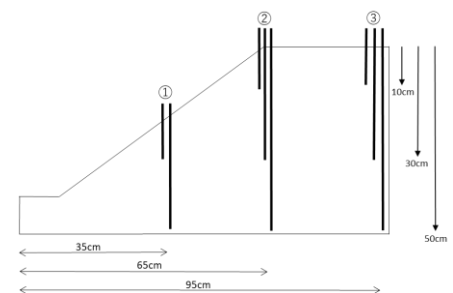


図 1 Case 0 の計測機器設置位置

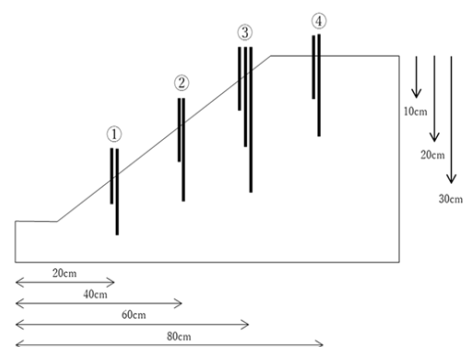


図 2 Case1、2 の計測機器設置位置

降雨条件は Case0 では 30mm/h、Case1、2 では 50mm/h の降雨強度とした。またその際、3 時間経過後に崩壊が発生しなかった場合には崩壊現象を観察することを目的として降雨強度を 100mm/h に変更した。

3. 実験結果と考察

図 3 にケースごとの斜面表面から 10cm に設置したテンシオメーターで計測した降雨強度と地下水位の時間変化の関係を示す。

Case 0 では、計測した地点すべてで圧力水頭が 0 付近の正の値を示した。その後、降雨終了まで圧力水頭の値が一定となっている。このことから地下水帯が発生しているものの上層からの浸透量と下層への浸透量が同程度であると考えられる。

Case 1 では斜面手前から 20cm、40cm の地点で圧力水頭は正の値を示した。このことから斜面下方に地下水帯が形成されたといえる。Case 0 と比べ、初期含水比を 5 % から 18 % に変更したことにより降雨開始時点で飽和状態に近くなった。その結果、雨水が斜面表面を流れ、斜面内部の圧力水頭の値が上昇しなかったと考えられる。

Case 2 は Case1 と比べ、真砂土の質量に対するカオリン粘土の配合割合を 15 % から 10 % に変更して実験を行った。その結果、斜面手前から 20cm、40cm の地点で圧力水頭は正の値を示した。また、Case 2 では降雨開始後 90 分ごろに斜面手前から 75cm の位置でひび割れが発生し、200 分経過後まで手前から 75cm までの表層土が移動し、地すべりのような現象が確認された。降雨開始後 90 分までは斜面手前から 20、40cm の地点では圧力水頭の結果は正の値であった。一方で斜面手前から 80cm の地点では圧力水頭の値が上昇傾向にあり、下層への浸透量と比べ、上層からの浸透量のほうが多いといえる。これは Case1 と比べ、カオリン粘土の配合量が少なかった分斜面内部への雨水浸透量が増加したことによるものと考えられる。また、斜面手前から 60cm の結果は実験開始時から終了時まで値が変化しなかった。これは計測機器の故障と考えられるため本研究では考察の対象としないこととする。

本研究の実験結果から、すべてのケースで地下水帯の発生を確認できた。また、Case 2 では崩壊発生、Case

0 では斜面安定、Case1 では斜面表面を流れる雨水が多く、上層からの雨水浸透より下層への雨水浸透量のほうが多かった。このことから初期含水比と真砂土に対するカオリン粘土の割合を少し変化させることで雨水の浸透強度に大きく影響を及ぼし、地下水帯の形成過程の違いを発生させることが明らかとなった。

今後は土層試料作製後に試料を一定時間放置し、乾燥させるなど透水性をコントロールすることで透水性が斜面崩壊現象に与える影響について検討できると考える。

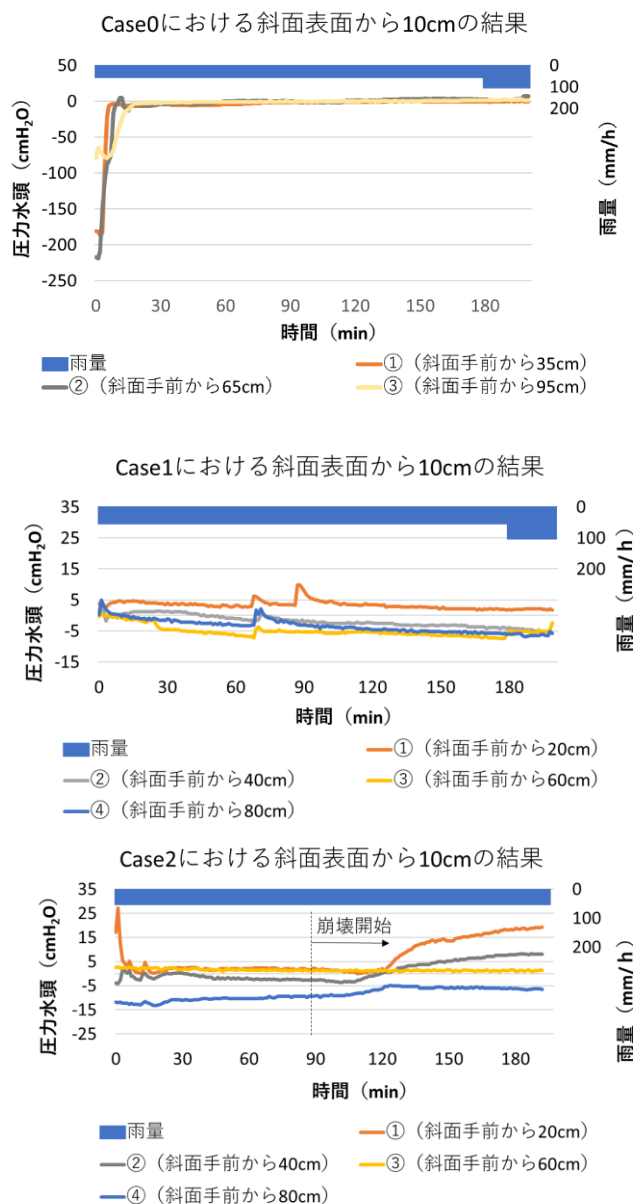


図 3 各ケースにおける斜面表面から 10cm での圧力水頭の時間変化

参考文献
水野ら(2022)：土層の透水性が斜面表層崩壊の崩壊深に与える影響，令和 4 年度砂防学会研究発表会概要集 p.27-28