

降雨時の斜面崩壊における地下水及び変形挙動に関する実験的検討

立命館大学院理工学研究科 OQin xin

立命館大学理工学部 藤本将光

立命館大学理工学部 里深好文

1. 背景と目的

日本は急峻な地形かつ雨が多いため、斜面崩壊などの土砂災害が多発している。そのため、避難体制の強化とともに、斜面変状の発生時刻および発生場所の高精度な予測が急務となっている。本研究では、斜面内部の変形挙動及び土層内の水位変化の経時変化に基づいた斜面崩壊の前兆現象を検討することを目的とし、室内実験を行い、計測データに基づいて崩壊の前兆性及び前兆現象による斜面の不安定性評価の可能性を検討した。

2. 室内実験

実験装置は、斜面モデル、斜面モデル内部に設置される計測機器、および人工降雨装置から構成されている(図-1)。斜面モデルには、6箇所(3箇所)に地表面下の2cmと10cmに小型ワイヤレス三軸加速度計を設置した。加速度計の計測点と同じ断面において、モデル斜面の正面から見る右側の3ヶ所に、底部に絶対圧水位計を挿入し、地下水位を計測した。モデル斜面は、乾燥密度 1.88 g/m^3 の真砂土を用いて、表面層($\rho = 1.4 \text{ g/m}^3$)の下に比較的高い土台層($\rho = 1.8 \text{ g/m}^3$)の二段構造を設けた。モデル斜面表面の傾斜は 30° である。土槽の三面は不排水、正面にはアルミ製排水板を取り付け、排水穴の面積は11%であり。使用した真砂土試料の初期含水比は5%、降雨強度は 50 mm/h である。また、降雨実験開始後60分まで与え、その後120分まで停止し、120分目に降雨が再開した。降雨がモデル斜面の上方向からあたえられ、雨滴は霧状である。

3. 実験結果

実験開始から165分前後にモデル斜面の上端部、いわゆる観測点1及び観測点4の付近にひび割れの発生が観測された。降雨の継続に伴い、ひび割れ下方面の土が斜面下方にゆっくり移動したが、移動した土層は形状を保ち、表面の湧水と表面流の発生が見られなかった。

斜面内部の異なる位置での地下水位の経時変化を図-2に示し、グレーゾーンの部分は人工降雨があたえられた期間となる。実験開始後、端部分に位置している水位計③では33min時点で水位が徐々に上昇することが計測され、時間経過に伴い水位計②及び水位計①も順次地下水位の上昇が計測された。第1回目の降雨が停止後、3ヶ所で水位が急速に下降し、地下水位が徐々にゼロに戻った。その後、2回目の降雨の開始とほぼ同時に、3ヶ所で水位の上昇が観察された。

各ケースの計測点において、地表面下2cm (A1~A6)と10cm (B1~B6)において、合計12箇所(6箇所)で計測を行った。変形挙動の実測値において、ある時点での土の運動状況を1分間あたりの変形挙動の変化量によって評価し、その結果を図-3に示す。B3とB6以外のすべてのセンサーで、崩壊が発生する前に顕著な変形挙動が計測された。降雨が停止してから60~120分の間、地下水位の変化は観測されなかったが、崩壊前の連続的な変形挙動が観測された。一方、120分以降、2回目の降雨が始まった後、B3とB6を除くすべてのセンサーで顕著な変形移動が見られなかった。

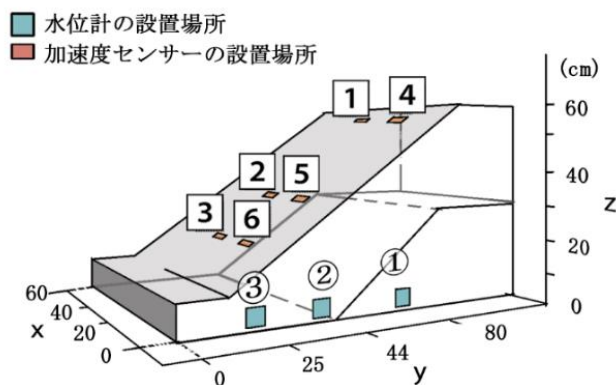


図-1 斜面モデル及び各センサーの設置場所

4. 考察

同一斜面に対して、各点によって得られた変形挙動は異なり、地表面下2cmで計測された変形挙動ほど顕著である。放置・排水期間を経ても、2回目の開始とほぼ同時に、地下水位の上昇が確認された。また、1回目と2回目の降雨時計測された変形挙動を比較すると、同じように水位が上昇しても変形挙動には異なる傾向が反映された。降雨前の斜面の状態が不安定性の発生に大きく影響することを示している。

地下水位と変形挙動の変化を比較すると、1回目の降雨時には、地下水位上昇時に変形挙動が継続観測されたが、第2回目の降雨時にはその傾向が見られなかったことが確認できる。特に、2回目の降雨が始まり、地下水位が上昇し続けた約120分～155分の期間では、A1を除いて変形挙動に大きな変化が見られなかった。また、実験開始約155分後、3つの水位計では、地下水位変化の鈍化傾向が見られた一方、A1、A2、A6では大きな変形挙動が観察された。さらに、降雨停止後に地下水位が0に近づいた後も、表層部では変形挙動が継続して発生していた。地下水位の増減と変形挙動の有無は、従来研究の正のを持つ説を説明できていない。なお、従来の研究と予測式は累積変位により崩壊の可能性を判断しているが、本研究の計測結果は、崩壊の発生時刻に置いて変形挙動が続く示された及び地下水位が上昇する場合は斜面に不安定化する可能性が高まることが分かった。

以上より、変形挙動の測定に加えて、地表層や中間層の変形挙動の測定を追加することで、斜面の不安定性をさらに評価できることが示された。

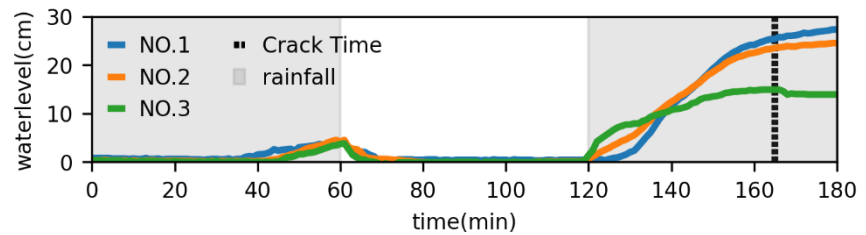


図-2 水位変化の実験結果

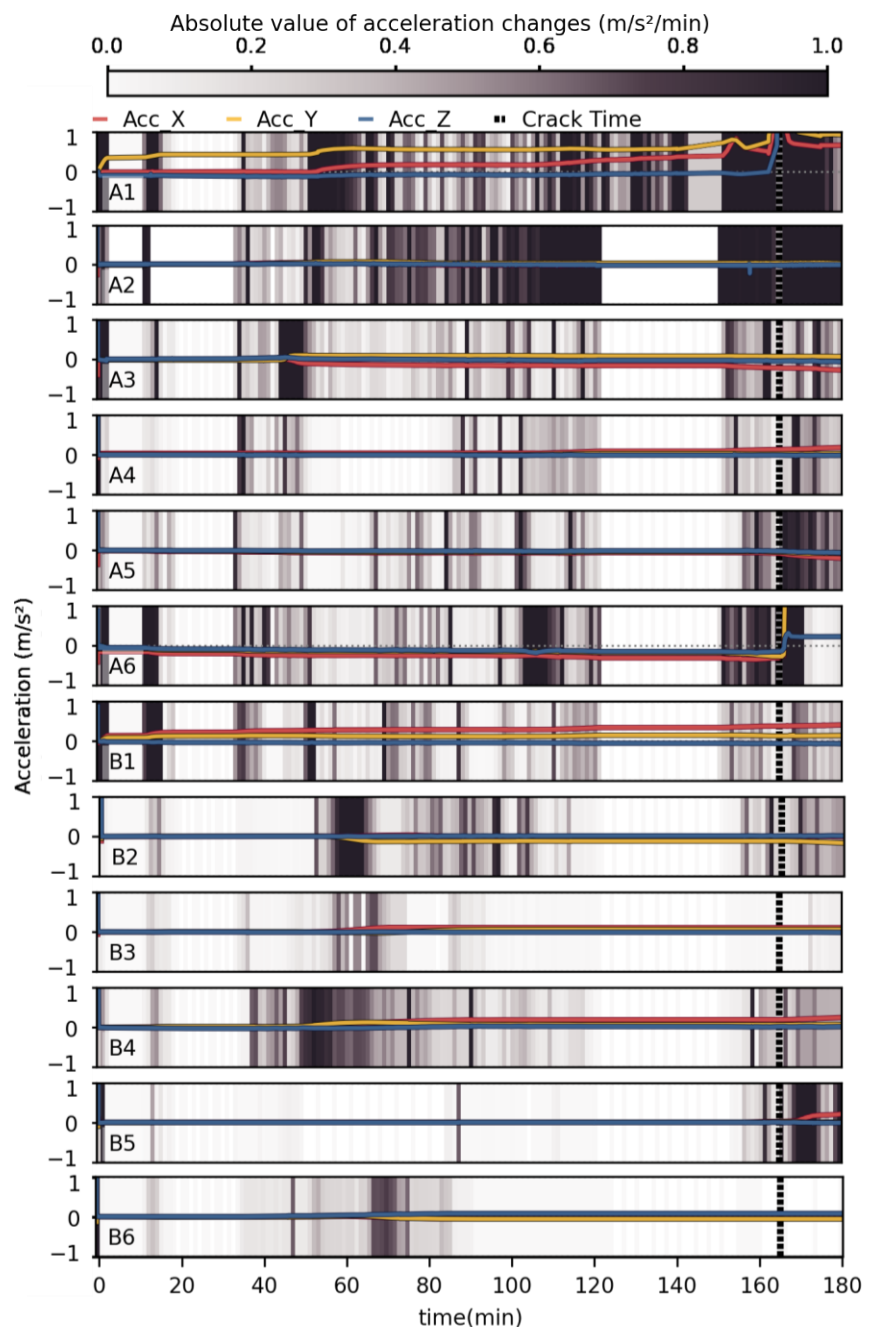


図-3 変形挙動の実験結果