

遠心模型実験装置を用いた降雨による斜面崩壊の発生予測

東京都市大学大学院 学 ○友岡亮太郎

東京都市大学 正 伊藤和也 正 末政直晃 正 田中 剛

1. はじめに

近年の気候変動に伴った集中豪雨により、盛土構造物においても斜面崩壊などが顕在化している。降雨による盛土構造物の崩壊要因は様々ではあるが、盛土内への雨水浸透によって自重の増加・盛土下部の飽和度の上昇による摩擦抵抗の減少などが発生し、徐々に盛土下部から崩壊が発生して最終的に盛土全体の崩壊が起きてしまう。本研究では降雨による斜面崩壊の発生メカニズムを把握して斜面崩壊の発生予測と対策工に関する研究を行うことを目的とし、遠心場降雨発生システムを用いた遠心模型実験によって盛土地盤内への雨水の浸透挙動や崩壊時の変形挙動について計測を行うことで、最適な斜面崩壊の発生予測の提案を行う。本報告では遠心場降雨発生システムを用いた模型地盤への遠心場降雨実験の結果の考察を行う。

2. 模型地盤を使用した遠心場降雨実験

2.1 実験概要

模型地盤に使用した試料は高知県産山砂(土粒子密度 $\rho_s=2.685\text{g/cm}^3$, 細粒分含有率=45.5%, 均等係数 $U_c=45.7$, 最大乾燥密度 $\rho_{d\max}=1.814\text{g/cm}^3$)を2mmフルイでふるい、ペロフラムシリンダーを用いて4層に分けて静的に締固めた。作製した地盤はベニヤ板製型枠を用いて45°斜面形状となるように切り取った。模型斜面は高さ90mm, 斜面勾配45°である。写真1, 写真2に使用した地盤の断面, 正面からの写真を示す。散水ノズルは斜面と天端の上部に計5個配置されている。側面から流下する水滴が地盤内に浸み込むことを防ぎ、水を排水させるために側面には雨どいを設置している。遠心加速度は50Gに設定し、実験を行った。計測機器は地下水位の上昇を確認するための間隙水圧計を2つ、地盤の形状の変化を確認するための傾斜計を2つ、降雨の浸透を確認するためのテンシオメータを3つ、斜面の変形が分かりやすいようにビデオカメラ(GoPro HERO5 Session)をそれぞれ図1のように設置した。写真3に今回開発した小型テンシオメータを示す。使用し



写真1 模型地盤 (断面)



写真2 模型地盤 (正面)

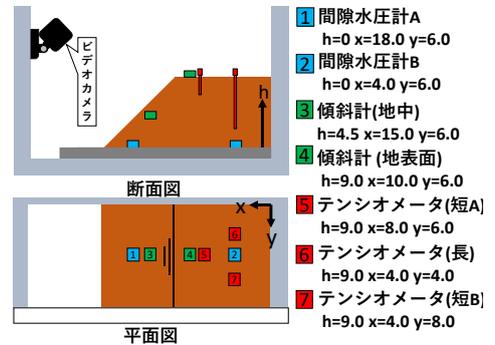


図1 計測機器設置概要図



写真3 小型テンシオメータ

ている計測機器は株式会社センシズ製の間隙水圧計(HWT-8V0N-100KP-05)を使用しており、先端に接続しているポーラス部分から湿潤土の水分の吸引力を計測してサクションを測定することができる。降雨は5分間行った後に

キーワード 遠心模型実験 豪雨 斜面崩壊 地下水位

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤1丁目28-1 東京都市大学 TEL:03-5707-0104 Email: g.19816298@tcu.ac.jp

休止期間を5分間設けることを5回繰り返し、計25分降らせている。

2.2 実験結果

図2にサクション、水頭、傾斜角度の測定結果と経過時間の関係のグラフをまとめたものを示す。実験結果は全て実物換算となっておりグラフの青の範囲で降雨が行われている。

サクションの測定結果のグラフを見ると、降雨を行うと値が上昇し、降雨停止期間に入ると値が減少している。これは、雨水が浸透してポーラス部分に達すると水を吸収することで上昇し、浸透している水がポーラスを超えると水を放出しているためだと考えられる。

次に、水頭の測定結果のグラフを見ると、間隙水圧計Bが先に反応していることから2回目の降雨から背面地盤内での地下水位の形成が速かったことを確認することができる。その後、どちらの間隙水圧計も降雨時に地下水位が上昇し、降雨停止時に水が前方に流れるため地下水位が減少していることがわかる。間隙水圧計Aを見ると水頭が約100cmに達したときに瞬時に値が減少し、すぐに上昇していることがわかる。次に、4回目と5回目の降雨時に150cmに達する前に値が上昇と現象を繰り返していることがわかる。これは地盤が大幅に崩壊した影響により崩壊した斜面の表面から水が流れている影響により、地下水位が150cmよりも上昇することができないためだと考えられる。

次に傾斜角度の測定結果のグラフを見ると、どちらの傾斜計も1回目の降雨で変化が生じていることがわかる。地表面の傾斜計に関しては最初の動きは雨滴による影響で多少向きが変化したのではないかと考えられる。地中の傾斜計を見ると1~4回目の降雨でそれぞれ変化が起きており4回目の降雨では大規模な崩壊が発生したことにより測定不能となった。崩壊直後に地表面の傾斜計の値が上昇していることから4回目の降雨時の崩壊は地表面まで影響があることがわかる。

図3、4に3回目と4回目の降雨の崩壊の法先の水頭と地中の傾斜角度の関係を示したグラフを示す。図3の3回目の降雨の崩壊時には水頭が約80cmに達したときから傾斜角度が上昇し始めており、水頭が約100cmに達したときに傾斜角度が減少していることから崩壊が発生していると考えられる。図4の4回目の降雨の崩壊時には水頭が上昇しているが傾斜角度が大きく変化していないことがわかる。これは3回目の降雨時に崩壊した状態で安定していると考えられる。その後、約140cmに達した地点で急に減少していることから崩壊が発生していることがわかる。

3. まとめ

以上の結果から、雨水が浸透することにより地下水位が形成された後に水位が上昇すると、浸透流が発生し斜面が崩壊することがわかった。

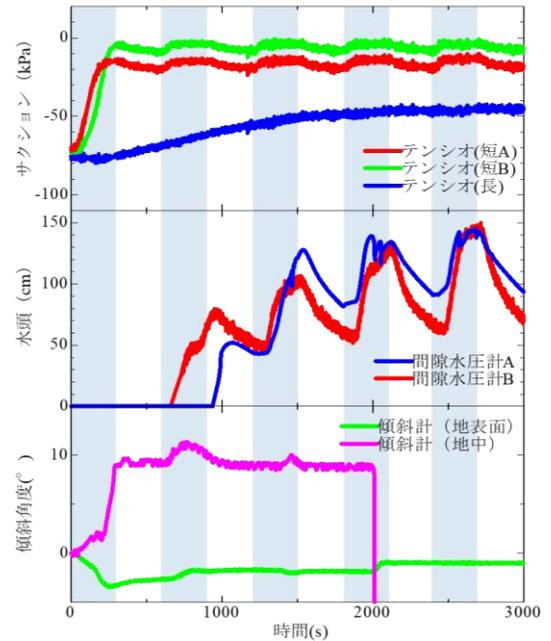


図2 測定結果と経過時間の関係

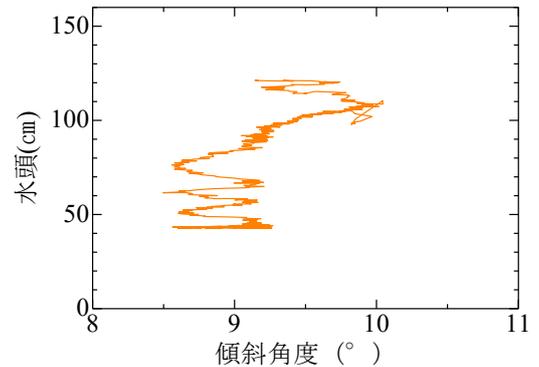


図3 3回目の降雨時の崩壊

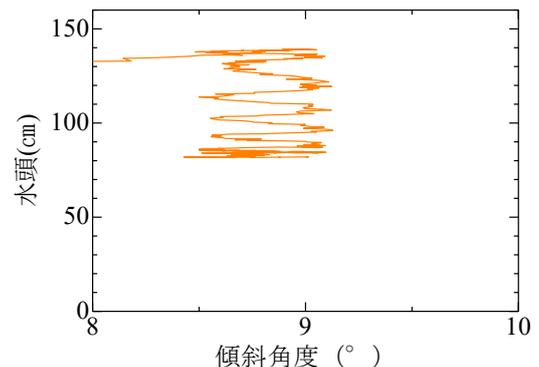


図4 4回目の降雨時の崩壊