

斜面土層内間隙水圧分布が斜面崩壊の形状や動きに及ぼす影響に関する実験

筑波大学大学院 ○南原二良
筑波大学生命環境系 内田太郎

1. はじめに

これまでの斜面崩壊に関する研究や調査から、斜面崩壊には斜面土層内の間隙水圧が大きく影響することが模型斜面の実験から確認されてきた。多田ら(2002)は斜面模型に人工降雨を降らす実験により、山地土層中のパイプが閉塞するとその地点で局所的に間隙水圧が高まり、間隙水圧が高まった地点で深い崩壊が発生することを示した。また、三森ら(1995)は、同様の実験から土層厚や土層厚態様の違いが飽和帯の発生位置や崩壊が発生する時刻や場所に影響を与えることを示した。このように人工降雨条件下の模型斜面土層内の間隙水圧分布と崩壊の関係を解析した研究は多くあるものの、間隙水圧分布をコントロールした研究は少なく、間隙水圧分布が斜面崩壊の形状に及ぼす詳しい影響までは実験的に検証されていない。そこで本研究では模型斜面を用いて間隙水圧分布を制御できる装置を開発し、間隙水圧分布の違いが斜面崩壊の発生位置や形状にどのような影響を与えるかを実験的に明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

実験に用いた装置を図-1に示す。寸法は斜面長62cm、幅36cm、勾配40°である。斜面の上端と下端に土層と金網で仕切られた水位をコントロールできる給水槽を設置した。底部中央には15.5cmごとに給水用の穴を3か所空けた。給水穴と底面の高さが等しくなっているビーカーをチューブ(内径26mm)でつなぎ、ビーカーの水位を一定に保つことで斜面底部の間隙水圧を制御できるようにした。底部と側面部にはプラスチックの板で粗度を与えた。

土層材料は粒径1.2~2.4mmの珪砂を用いた。実験土層ははじめに平行にし、水締め後の土層厚が

8cmとなるように作成した。

土層への給水は斜面上部からの浸透流をイメージした給水層から給水と斜面に局所的な間隙水圧の上昇を生じさせる斜面底部からの給水により行った。実験開始前に給水層の水位が斜面に垂直な方向に1.3cmとし、定常状態になるまで給水をした。その後、ビーカーに水を注ぎ、斜面底部への給水を開始した。本実験ではこの斜面底部への給水開始を実験開始とした。3分おきにビーカーの高さを4cmずつ上昇させ、崩壊が発生するまでこの操作を繰り返した。この実験では、斜面崩壊が発生することを土層がずれることと定義する。

実験では給水開始から3分毎に図-1に示すような位置に設置したマンノメータにより間隙水圧の値を測定した。また、実験中の装置全体を体重計に載せ、3分おきに重量を測定した。実験中は土層表面をビデオカメラで動画撮影し、土層の動きを観察するために水締め後に図-2のように並べたプラスチック製のキューブ(1辺1cm)の実験開始前の位置と実験終了後の位置を測定した。実験ケースは表1に示す6ケースである。

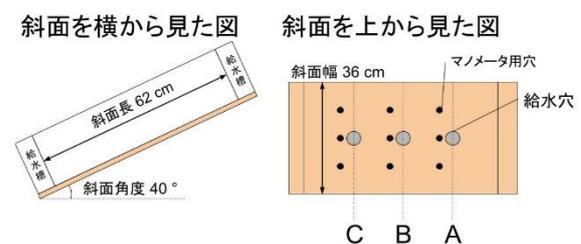


図-1 実験装置の模式図

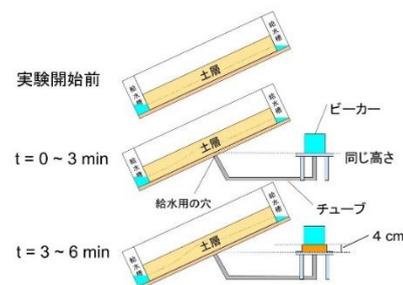


図-2 給水方法のイメージ図

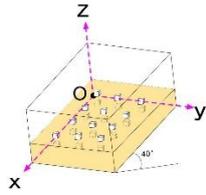


図-3 座標と実験ケース

表-1 実験ケース

| ケース | 給水箇所 |
|-----|------|
| 1 | A |
| 2 | B |
| 3 | C |
| 4 | AとB |
| 5 | BとC |
| 6 | AとC |

3. 実験結果

(1) 間隙水圧分布と崩壊の発生位置

ケース1、2、4、5、6は斜面崩壊が発生した(表2)。ケース3は斜面の崩壊が発生せず、斜面底部からの給水部分付近の土層が盛り上がったのみであった。キューブの移動を矢印で崩壊時のマンメータの水位を折れ線グラフで側面図として図-4に示す。実線は崩壊後の土層表面である。この図からケースごとに間隙水圧分布と崩壊が最も深い位置が異なることが分かる。

表-3 実験結果

| ケース | 崩壊の有無 | 実験開始から崩壊発生までの時間 | 崩壊時の重量 [kg] |
|-----|-------|-----------------|-------------|
| 1 | ○ | 9分10秒 | 3.7 |
| 2 | ○ | 9分2秒 | 3.25 |
| 3 | × | | |
| 4 | ○ | 3分5秒 | 4.2 |
| 5 | ○ | 6分5秒 | 3.4 |
| 6 | ○ | 6分3秒 | 3.9 |

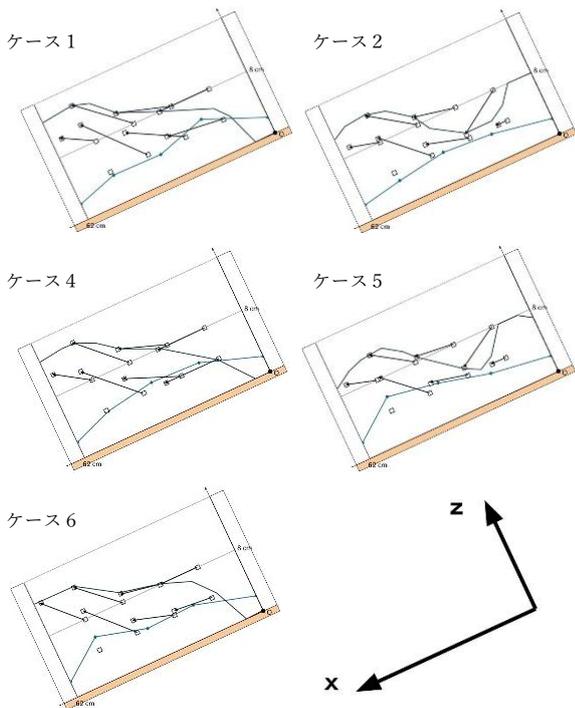


図-4 各ケースの斜面中央の側面

(2) 崩壊土砂移動方向と形状

ケース1、4、6の崩壊の上端は斜面上端に達したが(図-5左)、ケース2、5の崩壊は斜面内に収まった(図-5右)。各ケースの斜面上部から2列目、土層内のキューブの移動方向 $\Delta z / \Delta x$ の値はケース1が0.22、ケース2が0.12、ケース4が0.16、ケース5が0.09、ケース6が0.13であり、ケース1、4、6で側面から崩壊形状を見た場合に逆三角形形状であったのに対し、ケース2、5では逆台形に近い形状を示した。この結果から1か所で局所的に間隙水圧を上昇させた崩壊に比べて2か所で間隙水圧を上昇させた崩壊は崩壊深の深い範囲が広がり、崩土の量が多くなることが示された。

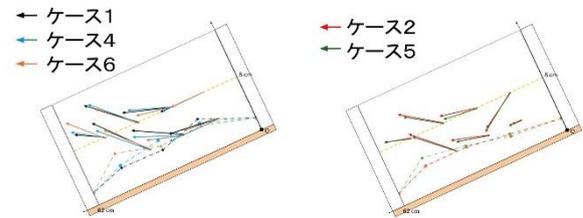


図-5 各ケースのキューブの移動と間隙水圧分布の合成図

(3) 間隙水圧分布と崩壊時の斜面土層内の水分量

斜面下部の間隙水圧が高い分布のケースは斜面上部で間隙水圧が高い分布に比べて崩壊時の重量が小さかった。この結果から斜面下部で間隙水圧が上昇すると斜面上部で間隙水圧が上昇する分布より少ない水分量で崩壊が発生することがわかった。

4. 結論

今回の実験では局所的に間隙水圧を上昇させることで斜面土層内に様々なパターンの間隙水圧の分布を制御して崩壊を発生させた。その結果から間隙水圧分布によって崩壊の発生位置、崩壊中下部の崩土の移動方向、崩壊発生時の総水分量が異なることが示された。

6. 参考文献

- 多田泰之ら (2002) : 砂防学会誌, Vol. 55, No. 3, p. 12-20,
- 三森利昭ら (1995) : 砂防学会誌, Vol. 48, No.1, p. 12-23,
- 田中健貴ら (2017) : 砂防学会誌, Vol.70, No.4, p.3-12