

遠心場降雨実験による盛土斜面の崩壊挙動と対策について

東京都市大学 学○田崎 翔 学 佐野和弥 正 伊藤和也
東急建設(株) 正 野中隆博 正 船元勝宏

1. はじめに

近年の気候変動に伴って集中豪雨や長期間降雨による土砂災害の発生件数が増加している。宅地造成等の盛土や廃棄物処分場では指針類にて排水設備の設置が基準化されているが、既存の残土処分場では排水対策が施されていないケースも見られる。本研究は既存盛土にも施工可能な排水パイプ工法による降雨時の斜面安定性について、遠心場降雨実験による盛土崩壊実験を行い検討した。本報告では、遠心場降雨装置を用いて排水パイプの有無が模型盛土斜面の崩壊挙動に与える影響について報告する。

2. 模型地盤を用いた遠心場降雨実験

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 $\rho_{dmax}=1.814\text{g/cm}^3$)を2mmフルイでふるい、含水比 $w=11\%$ となるように調整したものである。この試料を4層に分けて締固め密度 $D_c=80\%$, 斜面高さ90mm(実地盤換算4.5m)となるようにベロフラムシリンダーを用いて静的に締固めた。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。無対策をCase1, 排水パイプを用いて策したものをCase2とした。写真-1にCase1, 写真-2にCase2の作製した地盤の写真を示す。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ぐため雨どいを設置している。遠心加速

度は50Gに設定して実験を行った。計測機器類の設置状況を図-1に示す。Case1で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, 斜面の変形の確認のためのビデオカメラ(GoPro HERO5 Session)をそれぞれ設置した。Case2では間隙水圧計を2つ, 排水パイプを2本追加した。降雨は50G到達後に1分降雨, 1分停止を15回行った。また, Case1は13回目の降雨の途中で斜面が大きく崩れたためその時点で実験を終了とした。

2.2. 実験結果

各種センサーの時系列グラフを図-2, 図-3に, 実験後の様子を写真-3, 写真-4にそれぞれ示す。側面の写真の実線は実験前の斜面位置を示している。グラフに記載されている青い範囲は降雨を行った時間帯を示し, 図内の数字は降雨の回数を表している。また, 間隙水圧計と排水量の値は, 計測可能となった時からプロットしている。

1) 無対策(Case 1)

写真-3より斜面が崩れ, 天端面が下がった様子がわかる。傾斜計Aは降雨開始から後傾し始めた。降雨12回目前後の斜面の崩壊に併せて大きく前傾した。傾斜計Bは降雨5回目での斜面崩壊時に $+10^\circ$ 前傾した。その後, 地下水位の上昇に合わせ傾斜計が反応し, 降雨9~11回目で斜面が断続的に崩壊した。間隙水圧計は降雨5回目で間隙水圧計Aが, 降雨6回目で間隙水圧計Bが測定可能となった。法先に設置した間隙水圧計Aは5回目の降雨時に地下水位が短時間に上下して, ほぼ同時刻に



写真-1 Case 1 無対策(左:正面, 右:側面)



写真-2 Case 2 対策工(左:正面, 右:側面)

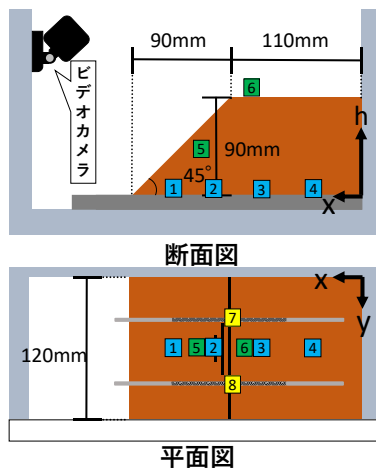


図-1 計測機器設置状況

- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| 1 間隙水圧計A
x=180 y=60 h=0 | 7 排水パイプA
x=20 y=40 h=15 |
| 2 間隙水圧計B
x=130 y=60 h=0 | 8 排水パイプB
x=20 y=80 h=15 |
| 3 間隙水圧計C
x=90 y=60 h=0 | |
| 4 間隙水圧計D
x=40 y=60 h=0 | Case 2で
2 3 7 8
を追加 |
| 5 傾斜計A
x=150 y=60 h=45 | |
| 6 傾斜計B
x=60 y=60 h=90 | |

キーワード 遠心模型実験 斜面崩壊 降雨 排水パイプ

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤1-28-1 東京都市大学 TEL:03-3703-3111 E-mail:g1818056@tcu.ac.jp

斜面崩壊が発生している。最終的に 2.0m 前後まで地下水位が上昇した，間隙水圧計 D より地下水位が高くなった。間隙水圧計 D では降雨ごとに地下水位が上下しているが間隙水圧計 A ではあまり地下水位の上下は見られなかった。これは斜面への降雨浸透に加えて地盤内部に浸透した雨水が法先部から流出するためと考えられる。また，法先の地下水位が背面地盤よりも高くなることで斜面が不安定化し，段階的な崩壊が発生している。

2) 排水パイプ設置 (Case 2)

写真-4 から Case1 より斜面の変化が小さいことがわかる。Case2 では排水パイプを底盤より高さ 15mm の位置に設置している。傾斜計に注目すると 4 回目の降雨時に表層が崩壊したときにはほとんど反応しなかった。その後 11 回目の降雨時に斜面が崩れた。その際に傾斜計は 2 つとも大きく反応をした。1200 秒付近からは排水パイプ B で排水が開始されている。Case 1 と比較して，排水が開始されてからは地下水位の変化が抑制されていることがわかる。排水パイプ A は 1700 秒付近で排水が開始されている。排水パイプ A の排水が遅かった原因として，降雨が遠心力の強いアクリル側に偏ってしまった為だと考えられる。

3. 排水パイプの効果 (排水量～地下水位関係)

排水量と集水孔の間にある間隙水圧計 B ($x=130, y=60, h=0$) で測定した地下水位の関係を図-4 に示す。また，排水パイプ A は排水の開始が遅かったためほとんどプロットされていない。排水パイプ B は地下水位が 0.75m 付近で排水を開始していることがわかる。排水パイプの設置位置は 15mm(実地盤換算 0.75m)となる。このことより，排水パイプの設置位置に地下水位が達した時に排水が開始されている。しかし，排水が開始されてからも地下水位が上昇していることがわかる。これは排水パイプ A の反応が遅かったことや排水能力が足りていないことが考えられる。しかし，排水が行われ，地下水位が一定になってからは傾斜計の変化がほとんどないことから，排水における一定の効果はあると考える。

4. まとめ

遠心模型実験装置を用いた降雨装置を用いた降雨斜面崩壊実験を 45° 斜面の無対策と，排水パイプでの対策工の 2 ケース行った。以下に得られた結果をまとめる。

1. Case 1 では雨水が斜面内に浸透し，地下水位面が形成されて斜面が崩壊することが確認された。
2. Case 2 では排水パイプから排水が確認された。また，地下水位が排水パイプの設置位置に達することで排水が開始される様子が確認された。

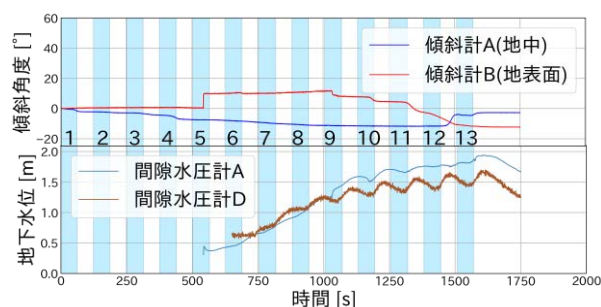


図-2 Case 1 計測結果 (傾斜角度, 地下水位)



写真-3 Case 1 無対策 (左:正面, 右:側面)

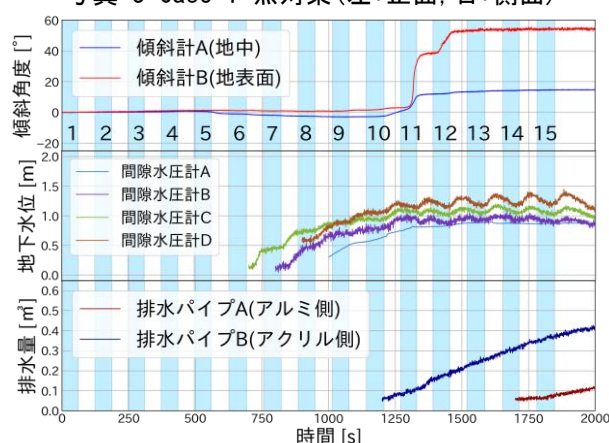


図-3 Case 2 計測結果 (傾斜角度, 地下水位, 排水量)



写真-4 Case 2 対策工 (左:正面, 右:側面)

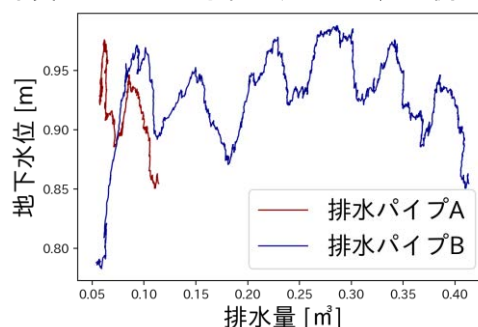


図-4 排水量と地下水位の関係

5. 参考文献

- 1) 友岡亮太郎, 伊藤和也, 田中剛, 末政直晃, 野中隆博, 田中卓也, 笹原克夫: 遠心場降雨発生システムを用いた斜面崩壊挙動の把握とその対策工に関する遠心模型実験, 土木学会論文集 C, pp. 14-31, Vol. 78, No. 1, 2022. https://doi.org/10.2208/jscjge.78.1_14