

カラム実験による降雨中断時および降雨再開時の地盤の飽和度変化

九州産業大学 学生会員 中村 祥伸
 九州産業大学 正社員 林 泰弘
 九州産業大学 正社員 松尾 雄治

1. はじめに

近年は、気候変動により雨の降り方が変化している。斜面災害から住民の生命や財産を守るために、雨の降り方と斜面崩壊の危険度の関係を明らかにする必要がある。

北九州市では、降雨により基盤層を覆う表土層が崩壊する事例が多い。崩壊する表層の土質にはまさ土が多くみられることから、本研究は雨の降り方による地盤内の飽和度変化を把握するために、まさ土を用いたカラム通水実験によって降雨中断時や降雨再開時における土層の飽和度分布の変化を調べた。

2. 実験方法

無限長斜面の基盤を覆う表土層における雨水浸透の一次元流れをモデル化したカラム通水実験を行った。1つのカラムは内径5cm、高さ10cmの亚克力製で、必要に応じて積み重ねることができ、図-1に土層10段と給水1段を重ねた例を示す。

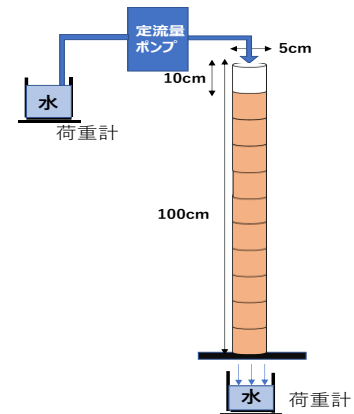


図-1 カラム通水装置の概要

試料は福津産のまさ土を用いた。図2より福津まさ土と崩壊地から得られた北九州まさ土の粒径加積曲線はほぼ同一と言えることがわかる。

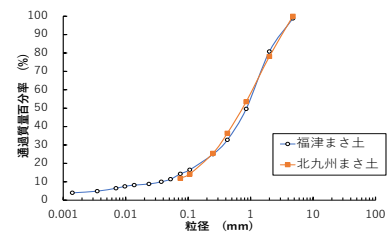


図-2 試料の粒径加積曲線

供試体は、初期含水比を10%に調整した試料をカラムに乾燥密度 1.50g/cm^3 (初期飽和度35%)となるように締め固めて10段積み重ねて作製した。この条件で透水係数を変水位透水試験で求めたところ $7.60 \times 10^{-6}(\text{m/s})$ であった。この値は北九州市の斜面崩壊地の透水係数に近い値となっている。

実験は図-3に示す3過程で行った。給水過程はカラム下部が完全排水の場合に土層の飽和度がほぼ一定になるまで、低排水の場合はカラム上部に湛水が始まるまで 30mm/h で給水を続けた。放置過程では給水を停止してから2時間、4時間、1日放置した。再給水過程では、3章に示す放置過程での実験結果から飽和度が下がりかけの放置2時間と、飽和度が下がりほぼ一定になる放置4時間後からそれぞれ1時間、2時間継続して再び 30mm/h 給水した。

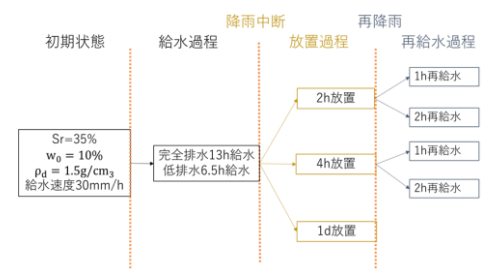


図-3 設定した実験過程

実験中は給排水量を各荷重計で計測することによりカラム内部の水の増減量を推測し平均飽和度を算出した。実験後はカラムを解体し1層ごとの含水比を測定することで、飽和度を算出した。

カラム下部の排水条件は図-4のような透水係数の異なる崩壊層と不透水の基盤層からなる斜面を想定して実験を行った。①～③は透水性の高い崩壊層に浸透した雨水が基盤層に到達するまでの

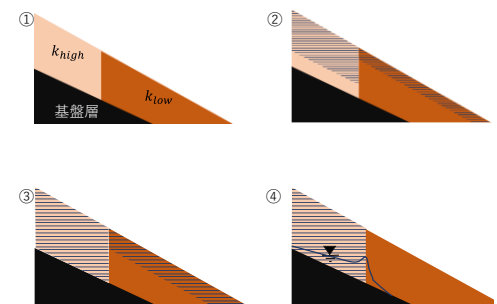


図-4 崩壊層の浸透想定モデル

状態であり、完全排水条件で実験した。③～④は、雨水が基盤層に到達し透水性のやや低い崩壊層との間で地下水位ができた状態を想定し、10 段コラムの下にもう一段透水性の低い層を設置した低排水条件で実験を行った。透水性の低い層は乾燥密度を 1.80g/cm^3 に締固めて作製したが、この実験は進行中であるため、ここでは完全排水の結果のみを記す。

3. 降雨中断時を想定した放置過程の飽和度変化

給水速度 30mm/h で 13 時間給水し、放置時間は 2 時間、4 時間、1 日の 3 パターンで実施した。図-5 は給排水量から算出したコラム内土層の平均飽和度である。3 パターンとも 13h 給水時点で飽和度 $S_r \approx 70\%$ まで上昇した。給水を停止し放置開始から 2 時間までは飽和度は大きく下がっているが、放置 2 時間以上経過すると飽和度はほとんど下がらずほぼ一定になっている。図-6 は各時間の飽和度分布を示している。最下層の飽和度は、土のサクシヨンの影響で高いが、それより上の層では上下方向の差はみられず $S_r \approx 50\%$ である。雨がやんで長時間経過しても地盤内の飽和度は高止まりすることを把握できた。

4. 降雨再開時を想定した再給水過程の飽和度変化

放置後 2 時間後または 4 時間後に再給水を開始した場合の飽和度の変化を調べた。図-7 は給排水量から算出した平均飽和度である。飽和度の変化を見ると再給水 1, 2 時間で飽和度が放置前の $S_r \approx 70\%$ まで上昇していることがわかる。再給水過程での飽和度の上昇速度は初期浸透時の飽和度の上昇速度より早くなっている。これは、初期浸透過程で一度水が流れ、土層内部に水をため込みやすくなった影響だと考える。飽和度分布から、再給水 1 時間では上の層の飽和度が高まり、再給水 2 時間で下の層も飽和度が $S_r \approx 70\%$ まで上昇していることがわかる。

5. まとめ

給水によって十分に土層の飽和度を高めた後の放置過程の実験を通して、雨が止んだ後に時間経過しても地盤内の飽和度は緩やかにしか下がらず高い状態が続くことが予想された。さらに、放置後の再給水過程を通して、雨がやんで数時間後に再び雨が降ると、短時間でもとの飽和度まで高まってしまふことが予想された。よって、降雨の停止と再開が繰り返されると斜面災害の危険性が高い状態が続くと考えられる。

今後は、今回の完全排水条件の結果と低排水条件の結果がどのように変化するかを比較検討していきたい。

参考文献：1)玉田文吾・横矢直道・森与志信・北九州市編著：斜面崩壊と雨の降り方との関係－福岡県北九州市・長崎県などにおける考察，北九州市，2018.3.

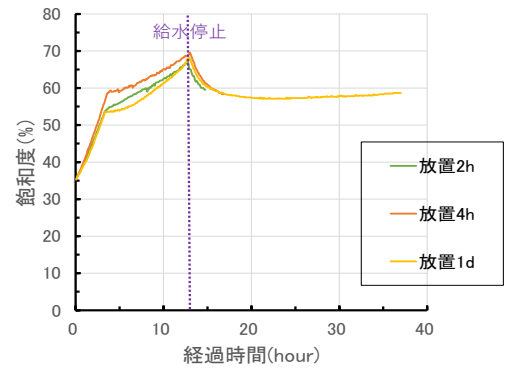


図-5 給排水量から算出した平均飽和度

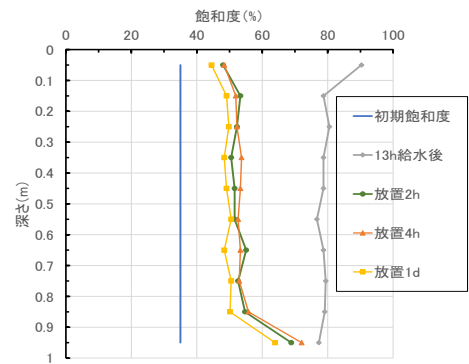


図-6 放置後の飽和度分布

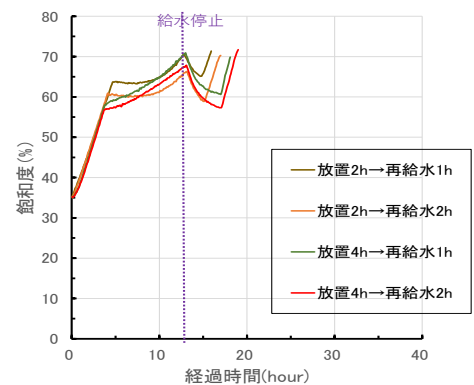


図-7 給排水量から算出した平均飽和度

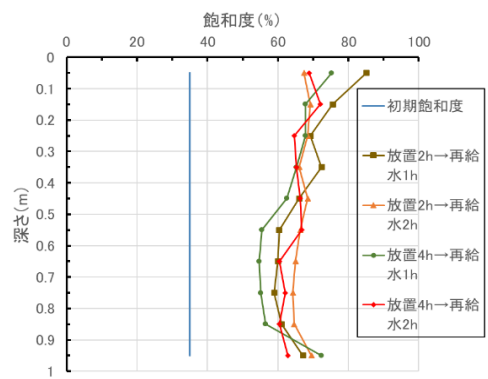


図-8 再給水後の飽和度分布