

豪雨による土砂災害発生を予測する

大規模斜面崩壊実験とシミュレーション

水・土砂防災研究部 研究員 酒井直樹



はじめに

日本では梅雨期の長雨や台風等による長時間にわたる強い雨による土砂災害が毎年のように発生しています。また都市部において「ゲリラ豪雨」と呼ばれる1時間に100mmを超えるような短時間の集中豪雨が多く発生するようになり、新たな対策を迫られています。しかし、「ゲリラ豪雨」は、過去の経験が少ないため、その対策は簡単ではありません。

そこで実大模型斜面を作成し人工的な集中豪雨を与え、斜面がどのような過程を経て崩壊に至るのかを明らかにし、その過程を考慮できるシミュレーション技術の開発を行っています。そこではある斜面が、①「いつ」崩壊するのか、②「どの程度」の被害範囲になるかを予測する必要があります。

どの斜面があぶないかな？

都市域でよく見られる風景（写真1）をみてみましょう。コンクリートで覆われた斜面や緑



写真1 都市域における風景

で覆われた斜面が多数見えます。このような場合、崩壊規模は小さいが、家屋と近いため災害に至りやすいという特徴があります。そこで、緑で覆われている風化された弱い表層地層（厚さ1m程度）が崩壊するケースを考えて話を進めます。

都市域での個別の斜面に対して、崩壊を予測するのは簡単ではありません。その理由は、豪雨の降り方、地盤への浸透状況、そして土地の改変などによる斜面内の集水状況の複雑さによるものです。その予測の精度を上げるには、斜面内部の水をモニタリングするのが一つの方法としてあげられます。

大規模斜面崩壊実験

防災科研が所有する大型降雨実験施設（降雨範囲：45m×72m、降雨強度：15-200mm/hr）では、あらゆる豪雨条件下における斜面崩壊実験が可能です。例えば、写真1にあるような斜面規模を模した実大規模斜面模型（高さ7.5m、傾斜30度、層厚1.2m、幅3m、全長23m、砂



写真2 崩壊実験例（崩壊後）

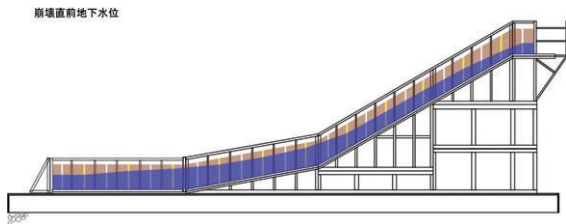


図1 崩壊直前の斜面内の地下水位

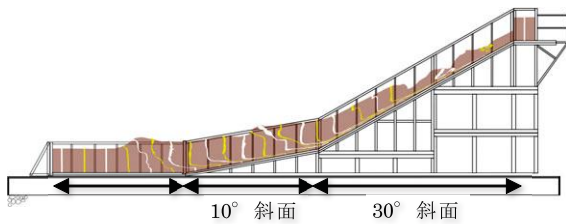


図2 崩壊後のスケッチ図

質土、降雨:100mm/hr)を用いた実験(写真2)を行いました。この実験より、豪雨時における斜面内での水の動きが明らかになり、崩壊直前には、地下水位が土層内の半分以上を占めるほど上昇していること(図1)がわかります。また、地盤が多くの水を貯留した状態で崩壊すると、平坦部まで被害域は広がることわかります(図2)。

このような崩壊前の斜面内の地下水の動きを知ることができれば、ある特定の斜面が崩壊に近づいていること(不安定化)を予測する一つの手がかりとなります。

斜面の崩壊シミュレーション

以上のような大規模な実験は、理想的な条件を模擬したものであり、写真1のような実際の斜面において危険度を知るには、周辺の条件を再現できる数値シミュレーション技術を開発する必要があります。そうすれば、地形、地表面の状況、地盤の種類や強さおよび降雨の条件をいろいろ変えて、対象とする斜面がどんな条件で危険になるかを判断できるようになります。ここでは、そのようなシミュレーション技術の

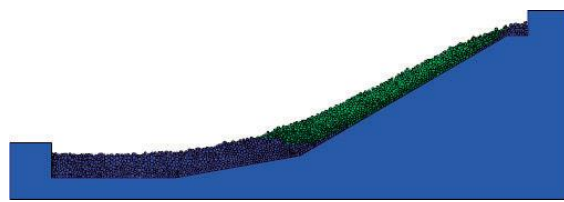


図3 崩壊シミュレーション例(崩壊直前)
暖色の方が変位が大きいことを示す

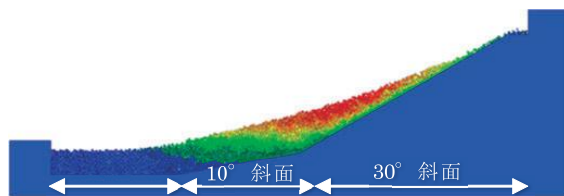


図4 崩壊シミュレーション例(崩壊後)

一例として不連続変形法(DDA)による解析事例を紹介します。この解析法は、地層を小さな粒子の集合体でモデル化しており、不安定化する場所や崩壊後どこまで被害が及ぶのかということシミュレートできます。図3から、崩壊直前には30度の斜面の部分が不安定になっていることがわかります。また、図4では崩壊後に赤で示した土塊部分が斜面をすべり落ちて平坦部まで地盤が変形しており、図2に示す実験結果と良く一致しています。この解析手法によりどんな降雨条件の時に不安定になりやすいか、そしていつ崩壊するのか、また被害範囲を予測することが可能となることわかります。

おわりに

このようなシミュレーション技術を現場に適用するためには、対象斜面の地質地形調査や地盤調査とともに、斜面内部の水の状態を簡便に安価にモニタリングできる技術の開発も重要です。また、斜面内の水の影響をどのようにモデルに取り入れるかについての検討も必要であり、今後、実験とシミュレーションの両輪で研究を進めて参ります。