

降雨におけるがけ崩れの発生条件

～崖のモデルを用いた簡易的なシミュレーション～

Conditions for cliff failure in rainfall

～ Simplified simulation using a model of a cliff～

Abstract

We focused on landslides, which are one of the most frequent disasters in Japan, and conducted experiments to elucidate the conditions under which such disasters occur. As a result, we found that when a certain number of seconds and amount of precipitation are exceeded, sediment begins to flow significantly.

1. はじめに

世界中でゲリラ豪雨などの自然災害による被害が年々増加傾向にある。そこで、土砂災害が起こりやすい地域や条件などを解明したいと考えた。土の保水性の違いによって崩れやすさに差が生まれることが分かっている（浜松市立丸塚中学校 矢作 太志 「土砂崩れの研究」）。

土砂災害が起こる要素の一つが誘因である。これは降雨や風化などの外部的な要因が主なものとなっている。また、地形や土質などの、その地域特有の内部的な要因が原因でおきるものは素因と言う。誘因は、長い時間がかかり、外で放置しておかなければならない要素も多いので、私たちは素因を中心に実験を行いたいと考えた。

また土砂崩れのメカニズムには二つのパターンがある。一つ目は、地下水が雨水によって増え、水圧が高まって浸食により地面の下に空洞ができるパターン。そして、上の土壌が不安定になり土砂崩れが発生する。二つ目は、雨水によって増えた地下水が盛り土に浸透し、それによって発生した浮力による影響を受け、モデルが滑り落ち、崩れる。この二つのパターンを踏まえて、本研究では次の仮説を立て実験を行った。水を加え続け、ある一定量に達するまでは同じ土の量が等間隔で崩れていき、またその一定の量を越えると形を保てなくなり、大きく崩れ始めるのではないかと予想した。

2. 研究方法

実験 1 小型シミュレーション実験

まず、がけ崩れのシミュレーションを行うために、簡易的な崖のモデルを作成した。崖のモデルは、園芸用プランターに土を詰めて円錐台の形にすることで作成した。そこにじょうろで水をかけ続け、モデルの崩れ方を見た。この時の土の種類構成を変化させることで対照実験を行った。

実験 2

実験 1 の実験方法に改善を加えた。崖の崩れ方のシミュレーションを行うために、簡易的な崖のモデルを作成する。十分に水を吸い、保水率を上げた込ませた家庭菜園用の土で底面の直径約 20cm、上面の直径約 15cm、高さ 20cm、3000g の円錐台を作った。地面から 15cm の高さに台を用意し、そこにモデルを置いた(図 1)。そこにじょうろで水をかけ、5 秒ごとに崩れた土の量を計測した。モデル作成時に十分に水を含ませるということについて、この作業を行う前後で全てのモデルの重さを合わせた。これによりモデルの個体差を無くすることができる。モデルの底面、直径 20cm の円から出た土を崩れた土と定義した。また、実験時間の短さ、設備と用具の性能からじょうろの水圧の変化、モデルの底面に対して働く浸食の力は無いものとした。

この研究方法は中間発表を通して不備が多いことがわかり、以降の研究方法の変更が必要となった。不備において挙げられる点の一つ目として、研究方法の細かな取り決めができていなかったことがある。この実験では、モデルの重さを測ることが一切なかったため、土の密度を考慮できていなかった。プランターに土を詰める際の圧力によっても、崩れ方が異なるはずである。また、二つ目にモデルの崩壊についての観察のし方が抽象的だったということが挙げられる。この実験では、水をかけ続けてからの結果を目視のみで観測し、時間の計測を行っていなかったため、崩壊が起こった具体的な時間がわからなかった。三つ目に土の分量を誤ってしまったということだ。モデルを作成してもそれが形を留められず、水をかける前から崩壊してしまった。そのため実験のデータを取ることができなかった。



図 1 崖のモデル

3. 結果

①実験 1

土は体積比で分類した。

1、1 種 100%

真砂土 100%	水を流すと流した部分から徐々に崩れていくことが確認できた。
砂 100%	何もせずとも崩れてしまった。
バラス 100%	実験不可能だった。

2、50%1種と25%2種

真砂土 50%、砂 25%、バラス 25%	水のかけ始めはほとんど崩れなかったが、途中で一気に崩壊が始まった。
砂 50%、バラス 25%、真砂土 25%	上記とほとんど同じ結果だった。
バラス 50%、砂 25%、真砂土 25%	水をかける前から大半が崩壊した。大きく崩れて実際の現象とは全く異なった。

3、50%2種

バラス 50%、砂 50%	モデルの形を保ち続けることができずに実験が行えなかった。
バラス 50%、真砂土 50%	上記同様の結果となった。
砂 50%、真砂土 50%	水をかけた時間に比例して土が流れ出していた。

実験の細かな設定や計測の仕方ができていなかったため、結果もあいまいなものとなってしまった。

②実験2

結果は次のようになった。

表2 経過時間と減少量の関係

経過時間[s]	1回目[g]	2回目[g]	3回目[g]	平均値[g]	標準偏差
0~5	23	15	10	15	5.7
5~10	68	49	42	53	11.0
10~15	836	667	522	675	128
15~20	1556	1165	1214	1315	178
20~25	279	269	172	240	48.0

4. 考察、結論

結果は次のグラフのようになった。この表は経過時間とその時間でどれくらいの土が崩れたかを表している。グラフは表の結果をプロットして、折れ線グラフと曲線で表したものだ。

表から、10~15秒と15~20秒の間の土の崩れ方がその前後と比べて極めて増加していること

が分かる。ある一定の秒数、降水量を越えると土砂が大きく流れ出しており、秒数で区切ると流れ出す土砂は17.5秒前後まで時間がたつにつれて土の減少量も増加し、一度大きく崩壊した後は崩れる量が減っていた。

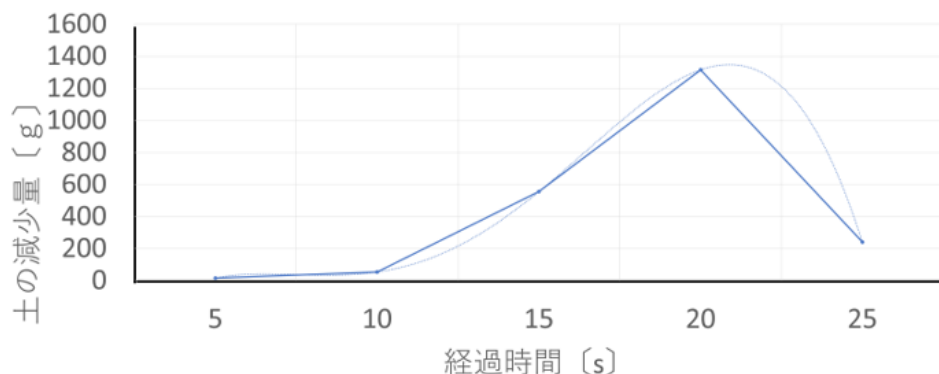


図2 経過時間と崖の土の減少量

これらの結果より、雨が降り始めた頃は土砂の流出が非常に小さく、雨の降る時間が増えていくにつれて、流出量が大きくなることが分かった。また、そのあとに大きく崩れる瞬間があることが見て取れる。その直前の土砂の量を知ることができれば、土砂が大きく崩れるタイミング、つまり土砂崩れという災害が起きるタイミングがある程度予想できることがわかる。

5. 今後の展望

課題として、まだまだ実験回数が足りておらず、データの再現性に欠けているところがあげられる。これから実験回数を増やしていき、数値の正確性をさらに上げていきたい。また、再現性を高めることにも注力したい。さらに、土の量や大きさ、使用する水の量などを変化させて実験を行い、データを取得してどのような違いが見られるのかなどを発見していきたい。

また、この土砂崩れによる災害に対する「どんなタイミングで」「どのような兆候が出たら」避難するのかや、そもそも土砂崩れを起こさない、いわゆる防災、減災にはどのようなことをすればいいのかなどの具体的な対策方法も社会的な状況や地理的要因、気候変動なども併せて考えていきたい。

6. 参考文献・URL

- ・ 浜松市立丸塚中学校 3年 矢作 太志 「土砂崩れの研究」

<https://gakusyu.shizuoka-c.ed.jp/science/sonota/ronnbunshu/R1/192053.pdf>

- ・ 東京都建設局 土砂災害とは

https://www.kensetsu.metro.tokyo.lg.jp/jigyo/river/dosha_saigai/map/kasenbu0084.html