

人工降雨装置によるマサ土斜面の崩壊実験

岩手大学大学院農学研究科 ○遠藤康多佳（現：共生機構） 井良沢道也

1. はじめに

岩手県では古い地層から新しい地層まで見ることができ、特に岩手県中央を流れる北上川を境に東と西でその地層は大きく分けられ、東側は中古世層など古い地層及び遠野花崗岩体をはじめとする多くの花崗岩体からなり、西側は比較的新しい地層、火山性堆積物や第三紀層からなっている。岩手県の土砂災害は降雨など誘因との関連で、こうした地質ごとに異なった発生特性を示すと考えられる。

斜面崩壊実験により地質種別ごとに降雨に対する相対的な抵抗度を室内実験で把握することにより、傾向を把握することが可能と判断される。また、警戒避難に役立つものと思われる。以上のことから、本研究では、第一段階としてマサ土を対象として室内で人工降雨装置と斜面模型を用いた斜面の崩壊実験を行い、斜面の崩壊の特性を探り、土砂災害への警戒避難に役立てることを目的としている。

2. 実験装置と実験方法

本研究で使用した人工降雨装置は、高さ2mの位置から1m×1mの範囲に、0～200mm/hの強度で降雨が可能である。供試体は長さ80cm（内、折れ曲がり部分10cm）、幅50cm、高さ10～20cmのサイズで、傾斜を0～45°まで変更できる。試料は岩手県姫神山の麓から中生代白亜紀花崗岩類を採取し（攪乱状態）、また供試体には土壌水分センサーを4～6本設置している。

表 - 1 主な実験の条件

傾斜角度 (°)	降雨強度 (mm/h)	土壌の厚さ (cm)	初期含水比 (%)	湿潤密度 (g/cm ³)
30～45	30～80	10～20	約20	約1.3～1.5

この土壌水分センサーでは、体積含水率を1分間隔で測定した。また、この測定値から飽和度を算出した。特に土壌水分の変化を見る上では、飽和度が重要であると考えている。

実験は、傾斜を30°と45°にした供試体に人工降雨装置で30、50、80mm/hの強度の降雨をさせ崩壊の形態および土壌水分の変化、孔のある板（孔板）から流れる水量を計測した。

3. 試料の透水性

飽和透水係数は飽和流（土の間隙を満たして流れるような水流）における土壌の抵抗値を示すものである。この実験の飽和透水係数は、 $4.53 \times 10^{-4} \text{ cm/s} \sim 2.30 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$ となっており、性質は細砂あるいはシルト質砂土と呼べるものである。サンプルごとに数値が大きく違うが、これはマサ土の透水性が風化度、攪乱、不攪乱などによって大きく異なり、また締め固め時の土粒子破碎や、透水中の土粒子移動によって透水性の減少が顕著であることが原因と考えられる。

4. 試験結果

初期亀裂とは供試体に最初に発生する亀裂のことで、試料の下部 - 下層以外の飽和度が65～70%（飽和状態）の時に天板に見られる。崩壊発生は試料全体が飽和していないと発生しない。崩壊の挙動では初期亀裂→表層すべり→土石流状というパターンが多かった。この表層すべりの形状は平面すべりと円弧滑り（斜面先破壊）の両方で、供試体の厚さが10cmの場合だと平面すべり、20cmの場合で円弧すべりが比較的多く見られた。また傾斜と降雨量に関してこの実験では、傾斜の方が降雨量より崩壊への影響は大きかった。流量では図-3が示すように崩壊に直前に160から120cm³/minに激減しているが、この崩壊は間隙水圧の急激な低下から起きるものと考えられる。

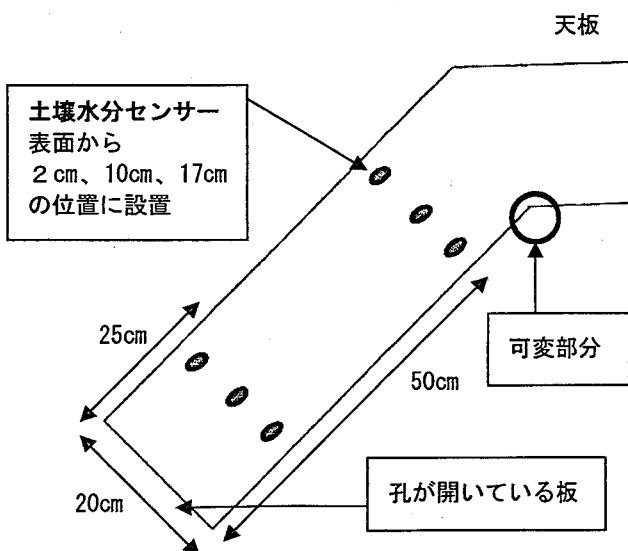


図 - 1 試験装置簡易図

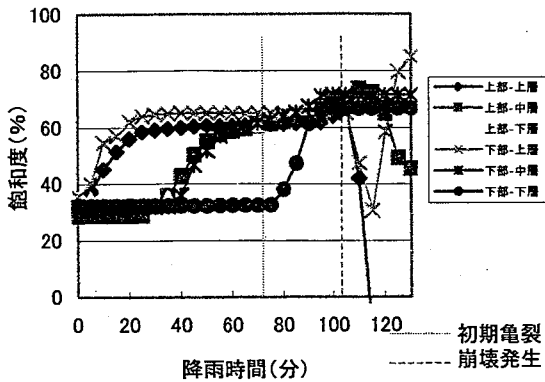


図 - 2 傾斜 45° 降雨量 30mm/h 時の飽和度の変化

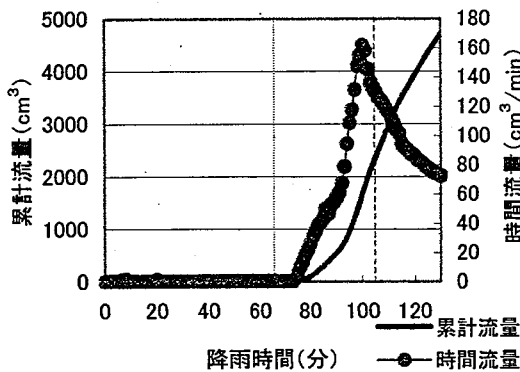


図 - 3 傾斜 45° 降雨量 30mm/h 時の流量の変化

5. 崩壊パターンのおまわり

崩壊パターンを纏めると以下ようになる。

① 初期亀裂の発生

天板部の平坦部と斜面部のほぼ境界に亀裂が発生し、時間経過とともに亀裂が発達していく。

→降雨により増加した試料の自重により、クリーブ的な動きが発生したためと考えられる。

② 試料全体のすべり発生

斜面部の表層の試料が底板に沿って滑る。それに伴い同時に法尻部がはらんでいく。

→底板を境界としたすべりが発生し、この時に斜面下では新しい滑り面が発生したものと考えられる。

③ 末端部でのすべり発生

末端のはらんだ一部の崩壊が進み、法尻から中央部、上部へと広がっていく。

→②で発生したすべりにより破壊された土塊が末端の滑り面に沿って斜面末端部から崩壊が進むと考えられる。

④ 二次すべり発生、または土石流状崩壊

大規模なすべり崩壊の発生。

→③により斜面末端の土砂がなくなることにより支えを失い、②で発生した滑り面に沿って二次すべりが発生したと考えられる。この二次すべりが発生せず、一次すべりの後は土石流状に崩壊し

ていくパターンもある。いずれにしろ、最終的にはこの土石流状の崩壊になる。

しかし、この崩壊は完全な不透水層であるステンレスの底板がすべり面とした崩壊である。これは、流れ盤状の岩盤を崩積土や表土が覆っている状態のモデルに近い。ステンレスの底板を人工芝に変えた実験では初期亀裂は発生するものの、崩壊はしないという結果が出た。人工芝の底面粗度の影響と思われる。

なお、土層の硬度を上層では緩く、下層では硬くした場合、緩い土層のみが崩れるという結果になった。今後はこうした点にも着目して実施していく予定である。

6. 土壌水分 (体積含水率・飽和度) のおまわり

土壌水分計測を纏めると以下ようになる。

①試料は降雨によって上層から順に湿潤して行く。また、上層の飽和度はある一定値で平衡する。すなわち、地下水位より上の不飽和土には地表面から浸入する降雨供給量と下部への浸透量とがバランスする一定の飽和度(擬似飽和状態)があり、その値は100%以下である。この一定状態になる飽和度は実験条件によって大きく異なってくる。

②崩壊は上層の飽和度が平衡に達し、次いで下層の飽和度が上昇して上層の飽和度と一致あるいはそれを越えた時点で発生する。初期亀裂は、上層の飽和度が平衡に達すれば発生する。このことは、逆にいえば試料全体が飽和平衡状態になるまでは崩壊は起こらず、降雨の浸透が不透水層上面まで達し、その位置の土壌水分増加により間隙水圧が上昇した時点(過飽和状態)で発生するものと考えられる。

③土壌水分計では確認できないが、孔板から流れ出る水量を計測することで、崩壊(すべり)が発生するタイミングとほぼ同じタイミングで、孔板からの流量が急激に減少することが確認された。また、すべりが発生しない場合は流量も減少しないことも確認されている。ただ、流量のデータはまだ少ないため、さらに多くの計測が必要である。

今後の課題及び謝辞

今回は、岩手県姫神山で採取した花崗岩マサ土を対象にして室内での斜面崩壊実験を行った。今後は岩手県における他の地質についても実施する予定である。さらに、現地での水文観測も行い、地質毎の土砂災害特性を把握することで住民の自主避難につながるようにしていきたい。

なお、この実験は(社)岩手県土木技術センターとの共同研究により実施した。多くのご助言をくださいました共同研究会の方々はこの場を借りて厚くお礼申し上げます。