

岩盤斜面の崩壊機構とその到達距離に関する実験的研究

国立大分高専	学生員	○原田隆弘
国立大分高専	正員	相川 明
九州大学	正員	江崎哲郎
日本文理大学	正員	丸山 巖

1. はじめに

山体崩壊などの大規模な岩盤斜面の崩壊現象では、斜面に存在する不連続面や斜面を構成する岩塊の大きさなどがその挙動に大きく影響する。たとえば、崩壊時に被害の及ぶ堆積規模や到達距離の予測に関しては、斜面の規模、岩塊の大きさ・形状、斜面構造ばかりでなく、堆積範囲での地表面の傾斜等も関与すると考えられるが、まだ未解明な点が多い。

本研究は、岩盤斜面を任意形状を有するの剛体ブロックの集合体と仮定し、剛体ブロックの大きさ、斜面の基層および堆積範囲での地表面の傾斜が、崩壊機構やその到達距離に及ぼす影響について、実験的に検討するものである。

2. 山体崩壊と到達距離について

Choquetら¹⁾は、岩盤斜面の法面角度と不連続面の角度を変数として、転倒破壊の発生条件を解析的に調べた。この研究より得られた図を参考にすると、斜面の高さ(H)とブロックの大きさ(D)比(H/D)が小さくなると、個々の不連続面の特性が卓越する挙動を示すが、逆に、H/Dが大きくなれば集合体としての挙動が卓越する傾向が読みとれる。条件にもよるが、この挙動の閾値はH/Dが10~20のところにある。すなわち、H/Dが小さい範囲ではブロックの凹凸によるインターロッキングが発生するが、一方、H/Dが大きくなると、ブロックが動きやすくなることから、粒としての挙動が卓越するものと考えられる。

Choquetらの解析は矩形に限定したものであったが、これらのことは、より一般的な任意形状のブロックでも起こりうる可能性があり、ひいては岩塊の到達距離にも影響するのではないかと考え、以下のような実験を実施した。

3. 模型実験

3-1. 実験装置 Fig.1に実験装置を示す。装置は高さ750mm、幅1500mm、奥行き90mmの函体であり、観察するために前面は透明なアクリル板製とした。なお止め板は取り外し可能であり、底板の角度は可変できる。

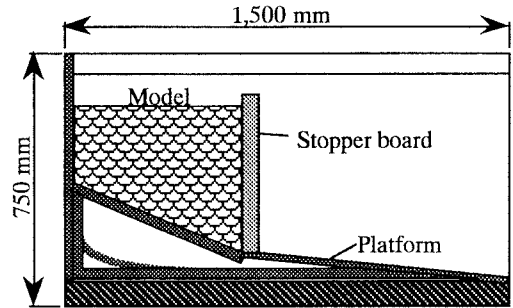


Fig.1 Layout of tiltable-frame model test apparatus

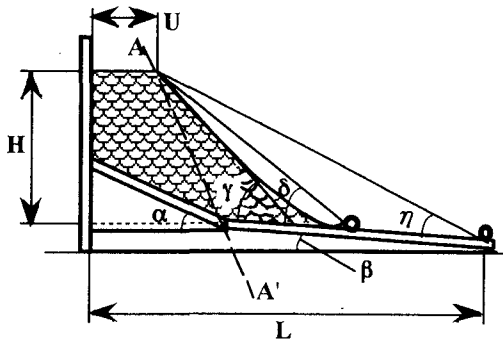
3-2. 実験方法 大分県津久見産の石灰石(比重 2.70g/cm^3)を標準網ふるいにより、呼び径2.5, 5, 10, 15mmの4種類に分類した。各グループより500個のサンプルを抽出し、形状を測定した。なお、平均粒径Dは2.3, 8.1, 13.3, 19.3 mmである。

実験では、まず止め板を固定し、材料を所定の高さまで詰め斜面模型を作成する。その後、板を瞬間的に取り除き斜面を崩壊させる。まずは次の2種類の実験を行った。

〔実験.1〕堆積範囲の傾斜 β を $0.0^\circ, 5.0^\circ$ 、斜面高Hを300, 200, 100mmと変化させて、4種類の粒径での崩壊状態と到達距離を調べた。なお、模型法面の傾斜は $\theta=90^\circ$ とし、斜面の基層の角度 α を $0.0^\circ, 5.0^\circ, 10.0^\circ$ とした。

〔実験.2〕粒径が斜面崩壊に与える影響を調べるために、 $\theta=60^\circ$ 、 $\alpha=\beta=0.0^\circ$ において、H/Dの値を30から5以下まで変化させた。

3-3. 計測方法 崩壊後の斜面形状に関する変数をFig.2に示す。ここに、最も遠くまで到達したブロックまでの距離をLとし、その角度を η 、法肩より法尻を見込む角度を δ とし、破壊面の最大傾斜を γ とする。このとき、 $(\beta+\eta)$ を到達角度、 $(\beta+\delta)$ を崩壊角度、 $(\beta+\gamma)$ を斜面の最大傾斜角と定義する。なお、実験結果は、装置前面に固定した一眼レフカメラおよびデジタルスチルビデオカメラで撮影・記録する。



4. 実験結果と考察

Fig.3は、実験1での、斜面高 $H=300\text{mm}$ についての結果であり、到達角度($\beta+\eta$)と崩壊角度($\beta+\delta$)を示したものである。図中の数値は H/D である。基層および堆積面が水平面となす角 α, β の組み合わせは4パターンとする。図より、いずれのパターンでも、 H/D が大きくなるに従って到達角度も崩壊角度も小さくなる傾向がある。したがって、 H/D が大きくなると、崩壊後の斜面形状はなめらかとなり、ブロックもより遠くへ到達するようになる。

$\beta=0^\circ$ の場合について $\alpha=0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$ の3パターンを比べると、 H/D が同じ値ならば、崩壊角度には大差は見られない。これは本実験では基層面にほとんどすべりが発生しなかったためである。到達角度についても同様の傾向がある。

$\beta=0^\circ$ と $\beta=5^\circ$ を比べると、 $\beta=5^\circ$ の場合の到達角度は小さくなっており、速くまでブロックが転がったことを示している。ここでは図を省略するが、崩壊角度についても同様の傾向がより顕著に得られた。これより堆積範囲での傾斜 β が到達距離にも影響することが分かった。

なお、個々のブロックの移動量については、まだ詳細には検討していないが、いずれの粒径においても、崩壊前の法尻と崩壊後の法尻を結んだ直線 (Fig. 2 に示す A-A') より内側にあるブロックには殆ど移動や回転は発生しなかった。

Fig.4は、実験2の崩壊斜面の最大傾斜角($\beta+\gamma$)とH/Dの関係を示したものである。崩壊前の法面の角度 $\theta=60^\circ$ なので、崩壊に至らなかった場合の最大傾斜角は 60° となる。図より、H/Dの値がおよそ10より小さい値では斜面が安定することがわかる。これは斜面を構成するブロックが互いに引っかかったためである。ブロックの形状が規則的でない場合でも、不連続面の特性(すなわち、ここでは岩塊の凹凸の形状等の特性)が卓越する閾値があるものと考えられる。

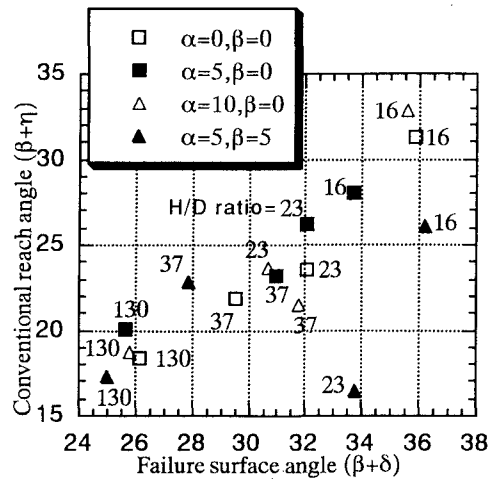


Fig.3 Conventional reach angle ($\beta+\eta$) and failure surface angle ($\beta+\delta$) with respect to H/D ratio.

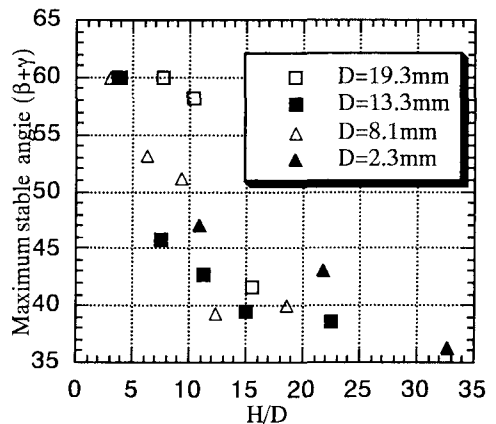


Fig.4 Maximum stable angle ($\beta+\gamma$) and H/D

5. あとがき

実験回数が必ずしも十分とはいえないものの、ブロックの相対的な大きさ、および堆積範囲での地表面の傾斜が到達距離に影響することが明らかとなり、また、任意形状のブロックでも、 H/D の値により挙動に差異があることが確認できた。さらに、ブロックの形状測定結果と崩壊現象との関連性を明らかにする必要がある。

【文献】1. Choquet,P.and Tanon,D.D.B. (1985): Nomograms for the assessment of toppling failure in rock slopes,26th US Symp. on Rock Mech.,pp.19-30.