



研究の“森”から

No.149



山崩れがなぜ土石流になるのか －水圧による土砂の流動化－

最近の土砂災害の特徴

1996年長野県小谷村蒲原沢、1997年鹿児島県出水市針原川（図1）、1998年の広島市周辺などで融雪や豪雨により山崩れが発生し、崩れた土砂が土石流となって下流に大きな被害を及ぼしました。近年、このような山崩れが土石流となって発生する災害が注目されるようになりました。

こうした災害は、山崩れの土砂が流動的な土石流となり、長い距離を流下したために起きるものです。そして、発生件数は少ないものの、高速で長距離を流動するため危険性が高いのが特徴です。以前から、ヨーロッパアルプスでは大規模な岩盤斜面が崩れて、流動する（岩ナダレ）ことによって災害を引き起こす例が知られており、その崩壊の規模が大きいほど遠くまで到達することがわかっています（Scheidegger, 1973）。崩壊の流れやすさ（流動性）を表す指標として、停止した土砂の先端から崩壊源頭部を見通した時の高低差（H）と水平距離（L）の比である等価摩擦係数（ H/L ）を用います（図2）。すると、崩壊する土砂量が多いほど等価摩擦係数が小さい、すなわち流動性が高いことがわかります（図3の黒丸）。さらに、これまでわが国で起こった土石流の事例を赤丸で示すと、等価摩擦係数がヨーロッパの岩ナダレに比べて小さく流動性が高いといえます。これはなぜでしょうか。岩ナダレと土石流の最大の違いは土石流が水を多く含んでいることにあります。では、水はどんな役割をはたしているのでしょうか？

崩壊が流動化するしくみ

これまで山崩れは固体の斜面が破壊する現象、土石流は水と土砂の混合物が流れる現象として別々に取り扱われてきたこともあって、その境界の現象である流動化の仕組みはよくわかっていませんでした。一般に空隙の多い土は、空隙が水で満たされた状態（飽和状態）で外からの「圧縮」や「せん断」の力を受けると、土の粒子同士の接触により支えられていた構造が破壊されます。すると、全体の体積が急に減るとともに、それまで土粒子が支えていた荷重を土粒子の隙間を満たしている水が支えることになり、水圧が急激に上昇します。この一時的な水圧を「過剰間隙水圧」とよびます。

この状態では土粒子は水に浮いた状態となり、それまで固体であった土は流動体に変化します。この現象を流動化とよびます（図4）。



図1 山崩れが土石流化した災害の例（国際航空写真（株）提供）

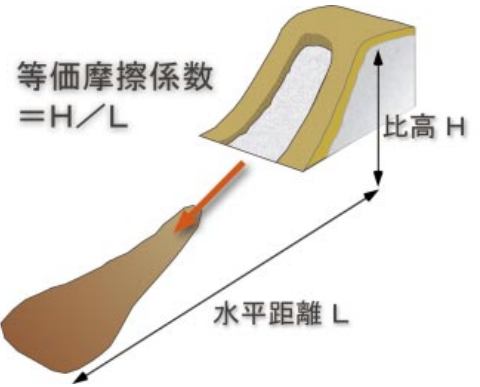


図2 等価摩擦係数（ H/L ）
崩壊した土砂の流れやすさを示す係数

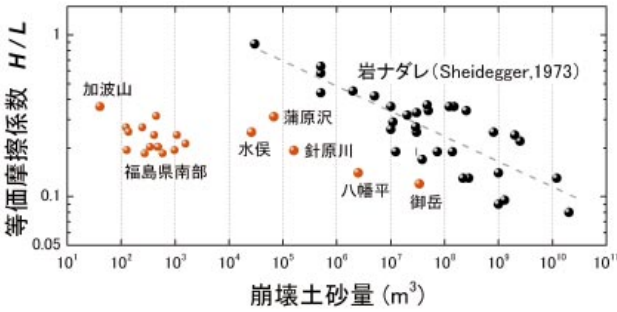


図3 崩壊の規模と等価摩擦係数との関係

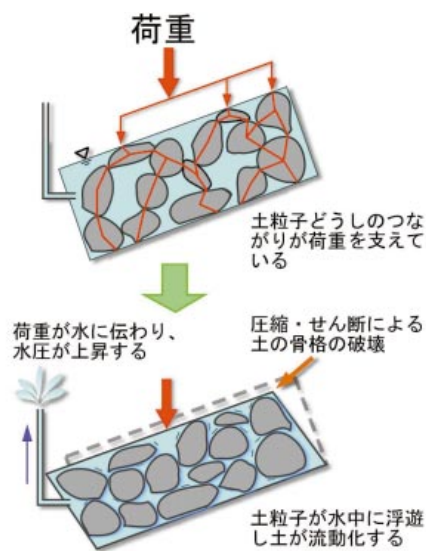


図4 斜面の流動化のイメージ

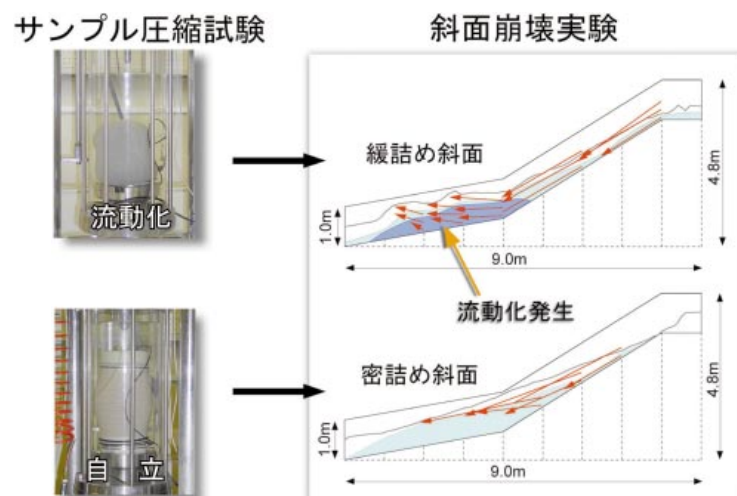


図5 土の空隙の割合の違いによる圧縮試験と斜面崩壊の実験例
(上段:緩く詰められた空隙の多い土、下段:密に詰められた空隙の少ない土)

さて、流動化が起きる時の様子を小さな土のサンプルの実験で確かめました。円筒形の土のサンプル（直径10cm、高さ20cm）を水で飽和させ、下方向に急速に圧縮します。すると、密に詰めた土は圧縮されても荷重を支えて自立しているのに対し、緩（ゆる）く詰めた空隙の多い土は圧縮と同時に壊れてしまいます（図5）。このとき試料内部の水圧は上昇（過剰間隙水圧）し、土の流動化が起こります。

サンプルと同じ密度に詰めた土で斜面を作り、人工の雨（時間雨量100mm）を降らせて崩れ方がどう違うか実験しました。図5の右側に崩れた時の土の移動方向を示す矢印と水圧の状況を示します。この時、上段に示す緩詰め斜面の土は斜面上部より急に動き始め、斜面下部の土も一緒に大きく移動しました。これは斜面の土の深い部分に過剰間隙水圧が発生し、流動化が起きたことが原因です。一方、下段に示した密な斜面では、斜面上部は表面の土だけがゆっくりと斜面下部に移動したものの、斜面全体は移動せず、過剰間隙水圧も発生しませんでした。これらの実験で、斜面が空隙の多い土からできていることが、山崩れが土石流になる条件の一つであると確かめられました。

現地斜面の実証実験

人工斜面で明らかにした山崩れの流動化が、自然の斜面で起きることを実証するため、2003年11月、茨城県内の国有林において、幅5m、長さ30m、傾斜30～35度の斜面に人工的な降雨を降らせました（図6）。1時間約80mmの降雨を6時間50分継続したところ、山崩れが実際に発生しました。そして、斜面の中で過剰間隙水圧が発生して流動化が起きたことを確認することができました（Ochiai *et al.*, 2004）。



図6 現地斜面崩壊実験（茨城県桜川市、旧大和村）

土石流災害を減らすためには

山崩れが流動化して土石流となる仕組みが明らかになり、土石流が発生する条件がわかってきました。この研究がさらに進むことにより、土石流がどこまで到達するか、その範囲を予測して事前に対策を立て、土砂災害を減らすことが出来るようになります。

参考文献

- Ochiai, H. *et al.* (2004) A fluidized landslide on a natural slope by artificial rainfall. *Landslides*, 1(3): 211-219.
Scheidegger, A. E. (1973) On the prediction of the reach and velocity of catastrophic landslides. *Rock mechanics*, 5:231-236.

〈実行課題〉アイ b20201

林地斜面・溪畔域の安定・緑化管理技術の開発
落合博貴、三森利昭、市川裕子、岡田康彦、多田泰之
(水土保全研究領域)

研究の“森”から 第149号 平成18年7月10日発行
編集発行：森林総合研究所企画調整部研究情報科広報係
〒305-8687 茨城県つくば市松の里1番地
TEL：029-873-3211 FAX：029-873-0844
E-mail：kouho@ffpri.affrc.go.jp, URL：http://www.ffpri.affrc.go.jp