

氏名	王 功 輝
学位(専攻分野)	博士 (理 学)
学位記番号	理 博 第 2190 号
学位授与の日付	平成 12 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	理学研究科地球惑星科学専攻
学位論文題目	AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE MECHANISM OF FLUIDIZED LANDSLIDE - WITH PARTICULAR REFERENCE TO THE EFFECT OF GRAIN SIZE AND FINE-PARTICLE CONTENT ON THE FLUIDIZATION BEHAVIOR OF SANDS (流動性崩壊のメカニズムに関する実験的研究 — 特に砂の流動化に及ぼす粒径 と細粒分の影響について)

論文調査委員 (主査) 教授 佐々恭二 教授 千木良雅弘 教授 竹本修三

論 文 内 容 の 要 旨

高速長距離運動する流動性の高い斜面崩壊は大きな人的被害をもたらす、その発生予知と運動予測は極めて重要な課題であるが、その基礎となる土砂の流動化のメカニズム及び運動維持機構は未だ解明されていない。申請者は、土砂の流動化のメカニズムを調べるために、土砂の流動化に影響があると思われる土砂の初期密度、粒径、細粒部の比率を変えて、土砂の流動化発生条件を調べる基礎的研究としてのリングせん断試験、流動化発生後の運動維持機構を調べるための基礎実験としての二重シリンダー試験、また、斜面土層の崩壊、流動化、その後の運動過程を総合的に再現するための斜面土層を用いたモデル実験を行い、さらに平成 10 年に福島県で発生した典型的な流動性崩壊について測量・トレンチ調査を実施するとともに、現地から採取したサンプルについてのリングせん断試験を行い、室内試験で得られた結果との対比、検証を行った。そしてこれら土質試験、モデル実験、現地調査に基づく流動性崩壊の研究により、以下の結果を得た。

1) 異なる初期応力下で行った非排水リングせん断試験の結果、流動性崩壊の加速の要因と考えられるピーク強度と流動化後の強度の差とピーク強度の比 (Brittleness Index) は、初期応力が大きいほど、すなわち崩壊土層の厚さと斜面勾配が大きいほど、大きくなることを見いだされた。

2) 非排水状態で、土層の破壊に必要なせん断応力を規定するピーク強度と流動限界勾配を規定する流動化後の定常状態強度は、ともに粒径が小さい場合ほど、また細粒部分の比率が高いほど小さくなることを見いだされた。

3) 斜面土層を用いたモデル実験を行った結果、崩壊発生直後に土層内に発生する過剰間隙水圧は、密度が大きい場合には過剰間隙水圧自体が発生せず、密度の小さい場合には間隙水圧の発散速度が大きくなるため最も過剰間隙水圧が大きくなる、すなわち、最も流動化が発生しやすい最適な密度があることが分かった。

4) 砂に含有する細粒部分の比率を変えて実施したモデル実験から、細粒分の存在が流動化後の過剰間隙水圧の維持・拡大に極めて効果的であることが推定された。その原因を調べるために二重シリンダー内で飽和土砂を流動させる実験を行い、細粒土砂が流速の増大と共に間隙流体中に浮き、それが過剰間隙水圧の増大をもたらすメカニズムがあることが分かった。

5) 福島県で発生した流動性崩壊についてトレンチ調査及び現地から採取した火山性堆積物のリングせん断試験から、すべり土層の粒子がせん断により細粒化して体積収縮が生じる結果、高い過剰間隙水圧が発生し流動化すること、また、もともと細粒部が多いことに加えてせん断によりせん断ゾーンの粒子がさらに細粒化して透水係数が低下し、過剰間隙水圧の発散が生じにくい構造になったことが、高速長距離運動の原因と推定された。

この研究結果は、流動性崩壊における過剰間隙水圧の発生と維持に及ぼす初期応力、初期密度、粒径、及び含有する細粒

部分の比率の影響の観点から、流動性崩壊の発生・運動機構を実証的に明らかにしたものである。

論文審査の結果の要旨

豪雨時や地震時に斜面土層が破壊し高速で長距離運動する流動性崩壊は頻繁に発生しており、多くの人命、財産及び経済活動に甚大な被害をもたらしている。これらの災害を軽減・防止するために、流動性崩壊の予知は社会的に極めて重要な課題であるが、土砂の流動化の発生機構及びその継続条件は未だ解明されていない。申請者は、土砂の流動化に影響があると思われる土砂の初期密度、初期応力、粒径、細粒部の比率を変えて、非排水リングせん断試験、人工降雨を用いた斜面土層モデル実験、土砂流動中の過剰間隙水圧を調べるための二重シリンダー試験、また、平成10年に福島県で発生した典型的な流動性崩壊についての測量・トレンチ調査と現地から採取したサンプルについてのリングせん断試験を行い、室内試験で得られた結果との対比、検証を行った。以下に得られた結果を要約して述べる。

まず、珪砂及び珪砂とレスの混合サンプルを用いて、異なる初期垂直応力、初期せん断応力下で実施した非排水リングせん断試験より、ピーク強度と流動化後の強度の差とピーク強度の比 (Brittleness Index) が、初期垂直応力、せん断応力の大きさに比例して増大することを見いだした。これは、崩壊土層深度と斜面勾配が大きいほど、崩壊後の加速度が大きくなることを意味する。そして非排水状態で、ピーク強度と流動化後の定常状態強度は、粒径が小さい土ほど、細粒部分の比率が高い土ほど小さくなることを見いだされた。定常状態強度は、流動限界勾配を規定するので細粒あるいは細粒部分の比率が高いほど緩斜面まで移動することが実験的に実証された。ついで斜面土層を用い、流動化の発生プロセス及び運動継続機構を別の切り口から調べるためにモデル実験を行った結果、流動化は土層の初期密度が小さくても大きくても発生しにくく、流動化しやすい最適な密度があることが分かった。また、細粒分の存在が流動化後の過剰間隙水圧の維持拡大に極めて効果的であることが推定された。そこでその原因を調べるために二重シリンダー内で飽和土砂を流動させる実験を行い、細粒土砂が流速の増大と共に間隙流体中に浮き、それが過剰間隙水圧の増大をもたらすメカニズムがあることが分かった。

さらに、福島県で発生した流動性崩壊の堆積土砂のトレンチ調査した結果、すべりが生じたと推定される運動土塊の底面近くに、細流分の多いせん断ゾーンが形成されていたことが判明した。現地から採取した火山性堆積物を用いて非排水及び排水リングせん断試験を行った結果、すべり土層の粒子がせん断により細粒化し、高い過剰間隙水圧が発生することによって流動化すること、また、もともと細粒部が多いことに加えてせん断によりせん断ゾーンの粒子がさらに細粒化して送水係数が低下し、過剰間隙水圧の発散が生じにくい構造になったこと、そしてこれらの相乗効果によって高速長距離運動が発生したと推定された。

以上の研究は、人命、財産及び経済活動に甚大な被害を及ぼす流動性崩壊の発生・運動機構を流動化の発生および運動継続時における過剰間隙水圧の発生・発散特性の解明に重点をおいて明らかにしたものであり、地すべり学の進展における重要な一歩を印したものと評価できる。

よって、本論文は、博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。なお、平成12年1月31日に、申請論文に報告されている研究業績を中心として、これに関連した研究分野についても試問した結果、合格と判定した。