

氏 名	おう はつ ぶ 汪 発 武
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学位記番号	理 博 第 2053 号
学位授与の日付	平 成 11 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 GRAIN CRUSHING AND EXCESS PORE PRESSURE GENERATION DURING SHEARING OF SANDY SOILS — A KEY FACTOR FOR RAPID LANDSLIDE MOTION — (せん断中の砂質土の粒子破碎と過剰間隙水圧発生特性の実験的研究 — 地すべりの高速運動の基礎的要素 —) (主査) 論 文 調 査 委 員 教 授 佐 々 恭 二 教 授 千 木 良 雅 弘 教 授 奥 西 一 夫

論 文 内 容 の 要 旨

高速運動地すべりのメカニズムについては、佐々ら(1996)は兵庫県南部地震による仁川地すべりを研究した後、「すべり面における「土粒子の破碎」によって体積収縮が生じ、過剰間隙水圧が発生するものである」という「すべり面液伏化」現象を提案した。

申請者は、「すべり面液伏化」現象を検証するために、1995年1月17日の兵庫県南部地震で発生した西宮市仁川地区の高速地すべりと1997年7月10日に豪雨により発生した鹿児島県出水市の針原川流動性崩壊・土石流を主要な研究対象に選び、両者に共通する地すべりの高速運動の基礎的要素として土砂のせん断中の「粒子破碎」とそれによる「過剰間隙水圧」発生に着目し、リングせん断試験機を用いて基礎的、応用的実験を行った。

本研究論文では、円摩された石英砂である豊浦標準砂、角張った石英砂である珪砂、石英の他に雲母・長石など壊れやすい鉱物からなる大阪層群を用いて、粒子破碎特性を調べるための排水せん断試験、過剰間隙水圧発生特性を調べるための非排水せん断試験、繰り返し載荷時の過剰間隙水圧挙動を調べるための繰り返し載荷試験を実施した。そして、応用的に、地震時の実波形を用いて、仁川地すべりの再現試験と、降雨による針原川流動性崩壊・土石流の再現試験を実施したことより、以下の結果を得た。

- 1) せん断中の粒子破碎は、土粒子を構成する鉱物組成、土粒子の形状、せん断距離に規定され、過剰間隙水圧の発生とせん断中の強度が大きく変化することを見いだした。また、同じ密度の密な粒子破碎し易い材料に関して、排水試験中の「試料高さの変化」と非排水試験中の過剰間隙水圧の変化挙動は、ともに相互に対応する形で「initial negative dilatancy」、 「initial positive dilatancy」、 「negative dilatancy due to grain crushing」の三つのステージを示した。この結果に基づいて、排水試験の結果より、非排水状態での過剰間隙水圧の推定ができるであろうことを見出した。また、繰り返し載荷によって発生した過剰間隙水圧は材料の粒子破碎特性に規制され、載荷の周波数にはほぼ影響されないことが分かった。
- 2) 兵庫県南部地震の観測波形を用いた仁川地すべりの再現試験では、短時間の地震の終了後もせん断が継続し、せん断の進行に伴う粒子破碎と過剰間隙水圧の蓄積によりすべり面液伏化に至ることが見いだされた。また、この地すべりのすべり面を構成した大阪層群の砂質土は粒子破碎し易い材料であることが判明した。
- 3) 鹿児島県出水市の針原川流動性崩壊・土石流から採取した安山岩質の砂礫層のサンプルを用いた試験では、大阪層群以上の粒子破碎と著しい細粒化が生じ、せん断ゾーンの液伏化が発生すること、また、せん断ゾーンでの粒子破碎による透水係数の低下によりすべり面からの過剰間隙水圧の発散が生じにくい構造が形成されることが見いだされた。

この研究結果は、近年発生した二つの高速地すべり運動の発生メカニズムをすべり面での粒子破碎と過剰間隙水圧発生

から説明し得るものである。

論文審査の結果の要旨

地すべり研究のうち、最も研究が進んでいるのは道路・ダム建設など土木・建設工事に伴う地すべりであるが、その研究は、斜面が移動するか否かを問う斜面の安定性に限られ、地すべり発生後の運動性の研究は行われていない。高速運動をする地すべりは避難による災害軽減が困難であり、傾斜地に近接した場所にすむ住民を災害から守るために、その予知は社会的に極めて重要な課題である。地すべりの運動速度を規定する要素はいくつかあるが、もっとも重要なものは運動開始後の強度変化である。1995年1月17日の兵庫県南部地震で発生した西宮市仁川地区の高速地すべりと1997年7月10日に豪雨により発生した鹿児島県出水市の針原川流動性崩壊・土石流を主要な研究対象に選び、両者に共通する地すべりの高速運動の基礎的要素として土砂のせん断中の粒子破碎とそれによる過剰間隙水圧発生に着目し、リングせん断試験機を用いて基礎的、応用的実験を行った。以下に得られた結果を要約して述べる。

まず、円摩された石英砂である豊浦標準砂、角張った石英砂である硅砂、石英の他に雲母・長石など壊れやすい鉱物からなる大阪層群を用いて、せん断中のすべり面での粒子破碎特性を調べるための速度制御・排水せん断試験、粒子破碎他による土粒子骨格の体積収縮に起因する過剰間隙水圧発生特性を調べるための速度制御・非排水せん断試験、そして地震時に生じる繰り返し載荷時の過剰間隙水圧挙動を調べるための応力制御・繰り返し載荷試験を実施した。せん断中の粒子破碎は、土粒子を構成する鉱物組成、土粒子の形状、せん断距離に規定され、過剰間隙水圧の発生とせん断中の強度が大きく変化することを見いだした。そして同じ密度の密な粒子破碎し易い材料に対する排水試験中の「試料高さの変化：体積変化」と非排水試験中の過剰間隙水圧の変化を比較したところ、両試験ともせん断距離の増大に伴い「initial negative dilatancy」、「initial positive dilatancy」、「negative dilatancy due to grain crushing」の三つのステージが対応した形で現れること、また、せん断前の試料、排水せん断後のせん断ゾーンから採取した試料、せん断ゾーンの上下から採取した試料の粒度分析の結果、せん断ゾーンでは著しい粒子破碎による土粒子の細粒化が生じていることが確認された。これらのことから非排水せん断時の過剰間隙水圧の発生が粒子破碎によって生じること、そして試験が容易な排水試験の結果より、非排水状態での過剰間隙水圧の発生の程度が推定できることが見いだされた。

また、繰り返し載荷によって発生した過剰間隙水圧は材料の粒子破碎特性に規制され、載荷の周波数にほぼ影響されることが分かった。そして、応用的に、地震時の実波形を用いた兵庫県仁川地すべりの再現試験と、降雨による針原川流動性崩壊・土石流の再現試験を実施した。兵庫県南部地震の観測波形を用いた仁川地すべりの再現試験では、短時間の地震の終了後もせん断が継続し、せん断の進行に伴う粒子破碎と過剰間隙水圧の蓄積により、高速地すべりに至ることが見いだされた。

さらに、豪雨によって生じた鹿児島県出水市の針原川流動性崩壊・土石流から採取した安山岩質の砂礫層のサンプルを用いた試験では、大阪層群以上の粒子破碎と著しい細粒化が生じ、せん断ゾーンでの透水係数が低下することにより、過剰間隙水圧の発散が生じにくい構造が形成されるのが見いだされた。そのため、この試料ではせん断箱の上部を解放した排水状態でも、せん断面での粒子破碎に伴う過剰間隙水圧発生速度が、せん断ゾーンからの排水速度を上回り、大幅な見かけの摩擦角の低下が現れることが見いだされた。このことは、降雨によるゆっくりとした応力変化でも高速の地すべりが発生しうることを実験的に立証したものである。

以上の研究は、人命に危害を及ぼす高速地すべりの発生運動機構の中心的要素であるすべり面での過剰間隙水圧の発生特性を実験結果と現地調査の結果をあわせ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步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10年12月21日に、申請論文に報告されている研究業績を中心とし、これに関連した研究分野について諮問した結果、合格と判定した。