

氏 名	オグボナヤ イグエ Ogbonnaya Igwe
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学位記番号	理 博 第 3000 号
学位授与の日付	平成 18 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	ASSESSMENT OF FLOW SLIDE INITIATION AND MOTION IN VARIABLY GRADED SANDS (異なる粒度の砂における流動すべりの発生・運動予測)
論文調査委員	(主 査) 教授 佐々恭二 教授 千木良雅弘 教授 橋本 学

論 文 内 容 の 要 旨

高速で長距離運動する流動性の高い地すべりは、大災害を引き起こすことが多く、そのメカニズムの解明と予測法の研究は極めて重要であるが、いまだ十分に研究されておらず、予測の方法も確立されていない。申請者は、流動性地すべりの発生・運動条件の解明とその予測のための基礎的研究として、流動化の発生と運動に及ぼす砂質土の粒度分布、初期応力、初期密度が非排水せん断強度と運動時の摩擦角（残留強度）に及ぼす影響を調べる研究を実施した。

試験方法は、長距離せん断が可能でかつせん断中に発揮される過剰間隙水圧の計測が可能な非排水リングせん断試験機を用い、粒径の異なる 5 種類の珪砂を混合させることにより粒度分布の異なる 4 種類の供試体を作成し、これを異なる相対密度で締め固め、異なる垂直応力を与えることにより、その破壊強度と流動化するか否かの条件、及び残留強度を調べる実験を行ったものである。また、珪砂と比較するために兵庫県南部地震の際に発生した高速流動地すべりから採取した大阪層群の砂質土についても同様の試験を行った。

得られた主な結果は以下の通りである。

- 1) 各種条件下で実施して行った試験の結果、流動化が発生するか否かの境界を規定するものは、せん断開始から破壊線に達するまでに発生した過剰間隙水圧の値 (Δu_f) とせん断開始から破壊線に達するまでに載荷したせん断応力増分 ($\Delta \tau_f$) の比 (間隙水圧パラメータ: A_{Df}) が 1.0 を超えるか、超えないかで見出された。この A_{Df} に関する閾値は、試料の相対密度、初期応力、粒度分布、および珪砂のみならず大阪層群の試料についても同じ値であることが見出された。
- 2) 中密から密な相対密度の供試体の試験結果を比較すると、細粒部から粗粒部まで均等に分布している均等係数の高い砂の最大強度は、均等係数の低い砂より大きくなるが、運動開始後に発揮される残留強度では、逆に小さな値を持つことが見出された。また、最大強度の際に発揮されるピーク時の摩擦角は相対密度の増大とともに大きくなったが、残留強度は、相対密度にかかわらず一定の値ととることが見出された。これはせん断ゾーンでは初期密度が異なっても粒子破碎のために、体積一定、応力一定でせん断のみが進行する定常状態に達するためと推定された。
- 3) せん断が体積一定（膨張も収縮もしない状態、すなわち正の過剰間隙水圧も負の過剰間隙水圧もしない状態）で進行する状態は、1) に述べた閾値の時にも生じ、また、中密あるいは密な試料で起こる相変換点でも生じる。相変換点とは、せん断開始から破壊線に到達するまでの間に、最初はせん断の進行とともに正の過剰間隙水圧が発生し、ついで破壊線に近づくときに負の過剰間隙水圧が発生するようになるが、その変換過程で一時的ではあるが体積一定でせん断が進行する状態を指す。研究の結果、相変換点で発揮される摩擦角も閾値の状態では発揮される破壊線の値も、残留強度の際に発揮される摩擦角とほぼ一致することを見出した。すなわち、地すべりの運動距離、運動速度を規定する残留時に発揮される摩擦角は、必ずしも非排水リングせん断試験を実施しなくても、従来から広く用いられている定体積一面せん断試験により測定できる相変換点での摩擦角あるいは閾値の状態では発揮される摩擦角から推定できることを意味する。

論文審査の結果の要旨

地すべりは、あるものは塊として移動し、あるものは、ばらばらになって移動し、あるものは流体に近い形で流動する。流体に近い状態になる地すべり（FLOW SLIDE:流動性地すべり）は、しばしば大きな災害を引き起こすことから、力学的特性に基づいた信頼できる流動性地すべりの発生・運動予測法の開発が地すべり学における大きな課題になっている。

IGWE 君は、流動性地すべりの発生と運動を予測するための基礎研究として、粒径の異なる5種類の珪砂を混ぜ合わせることで異なる粒径分布を持つ4種類の供試体を作成し、これを異なる相対密度で締め固め、異なる垂直応力を与えることにより、その破壊強度と流動化するか否かの条件、及び残留強度を調べる実験を行った。珪砂と比較するために兵庫県南部地震の際に発生した高速流動地すべりから採取した大阪層群の砂質土についても同様の試験を行った。用いた試験機は、京都大学防災研究所で開発された非排水リングせん断試験機である。この試験機では、すべりの発生から長距離運動までを再現でき、かつせん断中に発生する過剰間隙水圧と発揮されるせん断抵抗が正確に計測できる。

同君が各種条件下で実施した試験の結果、流動化が発生するか否かの境界を規定するものは、せん断開始から破壊線に達するまでに発生した過剰間隙水圧の値 (Δu_f) とせん断開始から破壊線に達するまでに載荷したせん断応力増分 ($\Delta \tau_f$) の比 (間隙水圧パラメーター: A_{Df}) が1.0を超えるか、超えないかであることが見出し、かつこの A_{Df} に関するこの閾値は、試料の相対密度、初期応力、粒度分布、および珪砂のみならず大阪層群の試料についても同じ値であることを初めて見出した。この研究は、砂の粒度分布、実験を行った範囲であるが珪砂でも地すべりから採取した自然の砂質土 (大阪層群の砂) にかかわらず、また、実施した範囲のすべての初期密度、初期応力にかかわらず適用可能な固有の流動すべり発生条件を明らかにしたものであり、流動性地すべりの発生予測に大きく貢献できる有意義な知見である。

粒径分布の違いによるせん断特性の違いを詳細に調べたほか、せん断が体積一定で進行する状態は、上に述べた閾値の時にも生じ、また、中密あるいは密な試料で起こる相変換点でも生じること、そして実験を行った珪砂のすべての粒径分布、すべての初期密度、また大阪層群において、相変換点で発揮される摩擦角と閾値の状態では発揮される破壊線の値とも残留強度の際に発揮される摩擦角とほぼ一致することを初めて見出した。上記の知見は、地すべりの運動距離、運動速度を規定する残留時に発揮される摩擦角が、必ずしも特殊な非排水リングせん断試験を実施しなくても、従来から広く用いられている単純な定体積一面せん断試験により、相変換点での摩擦角あるいは閾値の状態では発揮される摩擦角を測定すれば推定できることを示したものである。

以上の研究は、人命に危害を及ぼす流動すべりの発生条件を明らかにし、かつ運動を規定する残留摩擦角が破壊前に生じる相変換点での摩擦角とほぼ等しくなることを見出したものであり、地すべり学、特に地すべり予測の進展において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、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諮問した結果、合格と判定した。