

氏 名	オウレリアン カタリン トランダフィア Aurelian Catalin Trandafir
学位の種類	博 士 (理 学)
学位記番号	理 博 第 2770 号
学位授与の日付	平成 16 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科学専攻
学位論文題目	DYNAMIC DISPLACEMENT ANALYSIS OF EARTHQUAKE-INDUCED CATASTROPHIC LANDSLIDES IN SATURATED COHESIONLESS SOILS (飽和・非粘着性土における地震時高速地すべりの動的変位解析)
論文調査委員	(主 査) 教授 佐々恭二 教授 Roy Sidle 教授 岡田篤正

論 文 内 容 の 要 旨

地震時には斜面土層に加速度が載荷されることにより、しばしば高速長距離地すべりが発生し、大きな人的被害をもたらす。地震時地すべりによる災害を軽減するためには、高速長距離運動を引き起こす地すべりを予測する方法を確立することが重要であるが、これまでその予測方法は確立されていない。

トルク制御の非排水リングせん断試験機を用いて飽和させた珪砂に対し非排水繰り返しおよび単調載荷せん断試験を行った。試験は無限斜面のすべり面に作用する初期応力を載荷後、非排水条件下で単調および繰り返し載荷で飽和砂試料をせん断した。非排水の単調載荷リングせん断試験で得られたせん断変位-抵抗関係は、繰り返し載荷時に発揮される非排水降伏抵抗値の包絡線と大きくは変わらないことを示した。また、得られたせん断変位-抵抗関係をもとに、斜面土層の自重により斜面内で作用しているせん断応力よりも地震時の非排水せん断中に発揮されるせん断抵抗の方が小さくなる限界変位を超える場合には、地震力が停止した後も自重のみでせん断が継続することから、Catastrophic な地すべりが生じると結論づけた。そして、Catastrophic な地すべりが生じるための鍵となる地震時に発生する斜面土層の変位を推移する方法の確立を試みた。

地震時の地すべりの移動の推定法としては、Newmark による地すべりブロックモデルが広く用いられている。この方法は剛体が平面上をすべる場合を想定しており、静止時のせん断抵抗はゼロ、運動時のせん断抵抗は変位によらず一定と仮定している。これに対して申請者は、非排水 Monotonic リングせん断試験でえられるせん断抵抗-せん断変位関係が、繰り返し載荷時に発揮される非排水降伏抵抗値の包絡線と大きくは変わらないことを利用して、地震時に発揮されるせん断変位-せん断抵抗関係を実験的に計測し、この実測値を用いて地震時誘発地すべり変位量を評価する方法：改良 Newmark 法を考案した。

そしてこの改良 Newmark 法を用いて、地震時非排水条件下での水平振動によって高速地すべりが発生する限界速度を予測する方法を検討し、ピーク加速度を 0.5 g にスケール調整した加速度波形において 0.125 g より大きい部分を積分した値（速度の次元を持つ）と高速地すべりを誘発する限界ピーク地震加速度が高い相関を持つことを明らかにした。

一般に Newmark 法は、地震加速度が水平に作用する場合を想定しているが、地震時加速度の水平・鉛直成分の両方の影響も考慮に入れ、せん断面の非排水条件による運動方程式のより一般的な式を提案した。そして、この方法を 2003 年 5 月 26 日三陸南地震時に築館地区で発生した地震時地すべり斜面土層に適用したところ、地下水位が地すべり土塊の厚さの約半分の高さ以上あれば、高速長距離運動地すべりが生じることになり、発生した現象と合致する妥当な結果を得た。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

地震時には土層が地震加速度を受ける結果、地すべりを引き起こすことが多く、平成 7 年の兵庫県南部地震、平成 13 年のエルサルバドル地震などでは、高速地すべりが発生し、数十人から数百人が死亡する大災害となっている。しかしながら、これと同時に数十センチから数メートルの移動距離に終わっている地すべりも多数発生している。したがって地震によって

発生する地すべりの災害軽減のためには、地震で発生する地すべりが、高速長距離移動するCatastrophicな地すべりになるか、発生はするものの短距離の移動でとどまるか予測することが極めて重要である。申請者は非排水条件下で単調にせん断応力を増大させるMonotonic Loadingリングせん断試験とサイクリックにせん断応力を与えるCyclic Loadingリングせん断試験を行い、その試験結果を基に、どのような条件下でCatastrophicな地すべりが発生するかを調べた。すなわち地震の载荷時間は短いことから、発生した地すべりが高速長距離運動するためには地震終了後も運動し続けることが必要であり地震力载荷中にすべり面で発揮されるせん断抵抗力が、斜面土層の自重により与えられるせん断力より小さくなることが条件と考えた。非排水せん断により過剰間隙水圧が発生し、すべり面におけるせん断抵抗が自重によるせん断応力と等しくなる時のせん断変位が、Catastrophicな地すべりが発生する限界変位であると結論づけた。そして地震時に発生する地すべり運動がこの限界変位を超えるか否かを推定する方法として改良Newmark法を提案した。

これまで地震時に発生する地すべりの移動量の推定には、Newmarkによる地すべりブロックモデルが広く用いられている。この方法は剛体ブロックが平面上をすべる場合を仮定しており、土の変形や変形に伴う過剰間隙水圧の発生によるせん断抵抗変化は全く考慮されておらず、ある斜面土層での発生する変位をあらかじめ予測することはできなかった。これに対して、申請者の方法は、非排水Monotonicリングせん断試験でえられるせん断抵抗-せん断変位関係が、繰り返し载荷時に発揮される非排水降伏抵抗値の包絡線と大きくは変わらないことを利用して、地震時に発揮されるせん断変位-せん断抵抗関係を実験的に計測し、これを用いて地震時に発生する地すべり変位量を評価する方法であり、実測値に基づいた信頼できる予測法である。この方法を用いて平成15年に三陸南沖地震において発生した宮城県築館地すべりの現地調査とリングせん断試験を実施し、これと観測された地震記録をもとに該当斜面でCatastrophicな地すべりの発生が予測ができたか否かを検討し、地下水位がすべり面の近辺にある場合には、高速地すべりは発生せず、地すべり土塊が半分程度まで地下水位が上昇していれば、高速長距離運動地すべりが発生するとの結果を得た。

以上の研究は、人命に危害を及ぼす地震時の高速地すべりの発生運動機構とそれに基づく予測法の提案、及び現地での検証を実施したものであり、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。また、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、合格と認めた。