

氏名 **Vankov Dmitri Andreevich**
バニコフ ドミトリ アンドレヴィッチ
 学位(専攻分野) 博士 (理 学)
 学位記番号 理 博 第 2192 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 Influence of Loading Rate and Shear-Displacement Magnitude on the Pore Pressure Generation at Sliding Surface
 (すべり面での過剰間隙水圧に及ぼす载荷速度及びせん断変位振幅の影響に関する研究)

論文調査委員 (主査) 教授 佐々恭二 教授 奥西一夫 教授 竹本修三

論 文 内 容 の 要 旨

地震時に発生する地すべりは、しばしば大きな災害を引き起こすが、平成7年に発生した兵庫県南部地震でも比較的急な斜面で高速の地すべりが発生したほか、極めて緩やかな傾斜の住宅密集地でも多数の地すべりが発生した。これらは地震時にすべり面となった土層内で高い過剰間隙水圧が発生したことを意味するが、その発生メカニズムは十分には解明されていない。

申請者は、兵庫県南部地震において多数の地すべりが発生した大阪層群をサンプルに選び、すべり面を再現できるリングせん断試験機と均質に三次元的な変形を与える三軸圧縮試験機を用いて、応力制御及び変位制御の二つの方法で地震時に相当する非排水試験を行い、地震時に発生する過剰間隙水圧に及ぼす载荷速度(周波数)とせん断変位振幅の影響に着目した研究を実施した。この試験結果より得られた主な知見は次の通りである。

1) リングせん断試験機及び三軸圧縮試験機を用いて载荷周波数を変えて応力制御試験を実施し、液状化発生までに消費されたエネルギーを算出したところ、周波数が高いほど少ないエネルギーで液状化に到達することが見いだされた。ついで変位制御で一定のせん断変位振幅のもとで周波数を変えて実験を行ったところ、液状化までに消費されたエネルギーは周波数によらず一定だった。

2) これらのことから、応力制御試験において液状化までに消費されるエネルギーが、载荷周波数が低いほど大きくなる理由は、低周波数ほどせん断変位が大きくなるが、大きなせん断変位の場合、体積変化や過剰間隙水圧変化に寄与しない塑性変形によるエネルギー消費が大きくなるためであると推定した。

3) せん断変位振幅を種々変化させて行ったせん断変位制御試験では、液状化までに消費されるエネルギーはせん断変位振幅が約 0.5 mm の場合に最小になることが見いだされた。すなわち 0.5 mm 以上の領域では、塑性変形によるエネルギー消費が増大し、0.5 mm 以下の変形は体積収縮を引き起こす原因になりにくいものと思われた。また、せん断変位制御試験において、最初の 1/4 サイクルまでの過剰間隙水圧比の増分とせん断変位振幅の比は、せん断変位振幅が 0.5 mm の時に明確なピークを示し、それから離れるにつれて急激に減少した。

4) 液状化するまでに消費されるエネルギーは、繰り返し载荷試験の方が一方向にせん断させる場合よりはるかに小さくなるが見いだされたが、これはせん断方向変化が過剰間隙水圧発生に効果的であることを示している。

5) リングせん断試験においてせん断速度を種々変化させ定速度試験、また三軸圧縮試験において定歪み速度試験を実施した結果、過剰間隙水圧発生や消費されるエネルギーは、せん断速度によらず、ほぼせん断変位・せん断歪みの関数であることが見いだされた。また、ピーク強度を過ぎた後、リングせん断試験でのみ、せん断面での粒子破碎に起因すると思われる過剰間隙水圧の増大が観察された。

この研究結果は、地震時に発生する土層の液状化が、土層に載荷される周波数やエネルギーに必ずしも比例せず、土層が受ける変位振幅の影響が大きいこと、また、過剰間隙水圧の発生に効果的なせん断変位振幅が存在することを明らかにしたものである。

論文審査の結果の要旨

地震時には土層が振動を受ける結果、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では、ほとんど平坦な住宅密集地でも多数の地すべりが発生した。このような平坦な砂質地盤での地すべりは、土層内部でかなり高い過剰間隙水圧が発生したものと考えられるが、そのメカニズムは明らかではなかった。申請者は、この地震で数多くの地すべりを引き起こした大阪層群のサンプルを、宝塚市で発生した地すべり地より大量に採取した。そして、これを用いて非排水繰返し載荷・応力制御リングせん断試験、非排水繰返し載荷・せん断変位制御リングせん断試験、非排水・繰返し載荷・応力制御三軸圧縮試験、およびこれと比較するために非排水定速度・リングせん断試験および三軸圧縮試験を行い、繰返し載荷時に発生する過剰間隙水圧の周波数依存性及びせん断変位依存性を調べた。次にその結果を要約して述べる。

まず、載荷周波数を変えて応力制御試験を実施し、液状化発生までに消費されたエネルギーを算出したところ、周波数が高いほど少ないエネルギーで液状化に到達することが見いだされた。しかし変位制御で一定のせん断変位振幅のもとで周波数を変えて実験を行ったところ、液状化までに消費されたエネルギーは周波数によらず一定だった。このことから応力制御試験において液状化までに消費されるエネルギーが低周波数の試験で大きくなる理由は、周波数そのものではなく、低周波数ほどせん断変位が大きくなり、大きなせん断変位を与えた場合、体積変化や過剰間隙水圧変化に寄与しない塑性変形によるエネルギー消費が大きくなるためであると推定された。

ついで、せん断変位がどのように過剰間隙水圧発生に寄与するか調べるために、せん断変位を種々変化させて、せん断変位制御で試験を行った。最初の1/4サイクルまでの過剰間隙水圧比の増分とせん断変位振幅の比を比較したところ、せん断変位振幅が0.5 mmの時に明確なピークを示し、それから離れるにつれて急激に減少した。また、液状化までに消費されるエネルギーは、せん断変位が約0.5 mmの場合に最小になることが見いだされた。すなわち0.5 mm以上の振幅を与えた場合も、0.5 mm以下の振幅を与えた場合もエネルギー消費は増大した。

さらに液状化するまでに消費されるエネルギーは、繰返し載荷の方が一方向にせん断させる場合よりはるかに小さくなることが見いだされたが、これは方向変化が過剰間隙水圧発生に効果的であることを示しており、事実、せん断方向が変化する時に過剰間隙水圧の急激な増大が生じることを試験結果より示した。また、せん断速度を種々変化させる一定速度試験をリングせん断試験機と三軸圧縮試験機の両方で行い、過剰間隙水圧発生や消費されるエネルギーは、せん断速度によらず、ほぼせん断変位・せん断歪みの関数であることを見いだした。また、ピーク強度を過ぎた後、すべり面を再現できるリングせん断試験でのみ、せん断面での粒子破碎に起因すると思われる過剰間隙水圧の増大を観察した。

この研究結果は、地震時の地すべり発生 of 支配的要因である過剰間隙水圧の発生が、必ずしもこれまで考えられてきた地震周波数や地震によって与えられるエネルギーではなく、地震力によって生じるせん断変位振幅の大きさが重要な役目を果たすことを始めて明らかにしたものであり、地震時地すべりのメカニズムの解明に重要な貢献を行っ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。