

氏 名	JOZEF JURKO
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 3262 号
学位授与の日付	平 成 20 年 3 月 24 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	LIQUEFACTION BEHAVIOR AND CYCLIC RESPONSE OF NON-PLASTIC AND LOW PLASTICITY SILT-CLAY MIXTURES IN RING-SHEAR TESTS
	(リングせん断試験による非塑性および低塑性シルト・粘土混合試料における液状化挙動および繰り返し載荷応答)
論文調査委員	(主 査) 准教授 福 岡 浩 教授 釜 井 俊 孝 教授 伊 藤 潔

論 文 内 容 の 要 旨

砂質土および粘性土における地震時地すべりの発生メカニズム，すなわち繰り返し載荷時における間隙水圧発生過程の解明には従来，砂とモンモリロナイト等の高塑性粘土を異なる割合で混合した材料のせん断特性についての実験的研究がなされてきたが，低塑性試料の長距離せん断実験は全く行われてこなかった。申請者は，低塑性土砂の地震時の液状化あるいは地すべりに対する脆弱性を調べることを目的に，珪砂と低塑性粘土の混合試料に対して飽和非排水繰返し載荷リングせん断試験を実施し，間隙水圧の発生特性と発生メカニズムおよび見かけの摩擦角，せん断変位について考察を行った。

実験は，粘土含有量と初期せん断応力の2つの条件を組み合わせ実施した。実験試料としてシルト径の珪砂からなる細粒砂と低塑性の市販工業用粘土（パイロフィライト）の混合砂を使用し，粘土含有量が0～100%までの9種類の試料を作成した。各試料の塑性細粒中の含水量を表す塑性指数（Plasticity Index, PI）の範囲は0～16%である。試験は各飽和試料に対し，150kPaの一定垂直応力，初期せん断応力として斜面勾配換算で水平地盤に相当する0°から25°相当までの6種類を与え，振幅75kPaで0.5Hzの正弦波の繰り返しせん断応力を50サイクル載荷した。これらの条件下で，過剰間隙水圧の発生過程を調べ流動化特性を評価した。

試験の結果，全ての組み合わせで過剰間隙水圧が発生し，ほとんどの場合，定常状態での過剰間隙圧比は50%以上となった。試験終了時のせん断距離は，勾配0°以外では累積したが，繰り返し載荷が終了すると同時に変位が停止する限定的な変位となる場合と，繰り返し載荷終了時までにはせん断強度が初期せん断応力を下回り，変位が無制限に続きうる状態になる場合に分かれることを見出した。

勾配5°では見かけの摩擦係数は約0.1，勾配0°では約0.01と非常に低い値を示したが，PIの影響はほとんど見られなかった。さらに勾配0°かつ粘土含有率0～50%（PI=0～7.5%）では定常状態時の過剰間隙圧比が0.95となり完全液状化が発生した。しかし，60%以上（PI>8%）では完全液状化には至らず，PIとともに定常状態時の過剰間隙圧比が少しずつ低下する興味深い傾向も見出した。

一方，斜面勾配10°以上の場合，土砂の流動性を表す定常状態時の見かけの摩擦係数はPI=5%付近に低下し，極小値を示す領域があり，試験終了時のせん断距離も無制限の変位が起こりうる状態となった。この結果は，実際の地すべりの場合ではPI=5%前後で高速長距離運動がより発生しやすくなることを意味する。この低見かけの摩擦係数がPI=5%付近で発現するメカニズムとしては混合砂中の粘土分が増えるにつれ，珪砂粒子同士の接触点が少なくなることにより珪砂の粒子構造が繰り返し載荷時に壊れやすく，過剰間隙水圧が発生しやすいことであると推定した。

論文審査の結果の要旨

2004年中越地震では粘性土地盤の斜面で長距離運動した大規模地すべりが多発した。砂質土で大規模高速長距離運動が発生するメカニズムは解明されているが、粘性土における高速長距離運動が発生するメカニズムについてはまだ解明されていない。従来、砂と粘土の混合砂の長距離せん断特性や繰り返し載荷時のせん断挙動、間隙水圧発生過程について研究がなされてきたものの、塑性指数PIが20%以上の高塑性指数の材料を対象としたものであった。PIは土中の細粒分が塑性状態にある含水量の値であるが、粘土の含有率、細粒の表面積の大きさを反映し、砂と粘土の間での塑性の程度を表すパラメータである。しかし繰り返し載荷時にPIが20%以下の低塑性混合砂が示す挙動についてはこれまで全く研究されてこなかったことに申請者は注目し、PIと斜面勾配に相当する初期せん断応力が過剰間隙水圧発生と見かけの摩擦係数に与える影響を調べた。実際にはシルト径の珪砂とパイロフィライトを主成分とする低塑性市販粘土を用い、粘土重量含有率で0%から100%まで9種類の混合砂を作成し、初期せん断応力を水平地盤に相当する0°から斜面勾配25°相当まで5度きざみの6段階を組み合わせた54通りの試験条件下で防災研究所が開発したリングせん断試験機を用いて、飽和非排水繰り返し載荷試験を実施した。

水平地盤と斜面勾配5°の初期せん断応力条件下では定常状態時の見かけの摩擦係数はそれぞれ約0.01, 0.1と極めて低く、またPIの影響はほとんど見られなかった。特に水平地盤で粘土含有率0~50% (PI=0~7.5%) では定常状態時の過剰間隙圧比が0.95で完全液状化が発生することを見出した。

次に勾配10°以上の場合、見かけの摩擦係数はPI=5%付近に極小値を示す領域があること、すなわち、液状化ポテンシャルが高い領域があり、試験終了時のせん断距離も無制限に大きくなりやすいことを見出した。これは誰も予測していなかった興味深い液状化挙動特性である。また、その原因として珪砂密度の低下に伴う接触点密度の減少により繰り返し載荷時に土粒子構造が壊れやすく液状化が発生しやすいこと、さらに粘土が多く珪砂同士の接点がほとんど無い場合はせん断面が体積変化を起こしにくい粘土内に形成され液状化が発生しにくいためであるとした。

申請者の以上の研究は、シルトと低塑性粘土の混合砂の地震時における脆弱性、すなわち過剰間隙水圧の発生メカニズムとその特性および液状化・長距離運動地すべりの発生メカニズムを一連の非排水繰り返し載荷リングせん断試験から検証したものであり、地球物理学の一分野である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。また、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。