

氏 名	おか だ やす ひこ 岡 田 康 彦
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 2452 号
学位授与の日付	平 成 14 年 3 月 25 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	A STUDY ON THE POTENTIAL FOR RAPID FLOW PHENOMENA IN GRANULAR SOILS (砂質土の高速流動現象のポテンシャルに関する研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 佐 々 恭 二 教 授 千 木 良 雅 弘 教 授 梅 田 康 弘

論 文 内 容 の 要 旨

高速土砂流動現象は長距離運動し、しばしば甚大な人的被害をもたらす。これまで高速運動する崩壊土塊中で過剰間隙水圧が上昇しているらしいことは推定されているものの、その発生・維持機構が、解明されているとは言えない。地すべりの発生予知・運動予測を可能にし、被害を軽減するためにも、高速土砂流動現象のメカニズムの解明及び、流動化に至るポテンシャルの推定方法を確立することは、災害軽減に資する基礎研究として緊急の研究課題の一つである。

申請者は、兵庫県南部地震において高速土砂流動現象が発生した宝塚ゴルフ場地すべり地より採取した大阪層群砂質土試料及び工業用珪砂試料等を対象に、高速土砂流動現象に影響があると思われる初期間隙比、全垂直応力、せん断速度、排水条件を変えて、すべり面を再現できるリングせん断試験と均質に三次元的な変形を与える三軸圧縮試験を実施し、以下の結果を得た。

1) 非排水状態では、崩壊土塊の流動限界勾配を規定する定常状態強度は、間隙比によらずリングせん断試験が、三軸圧縮試験よりも小さな値を示した。このリングせん断試験により得られた値は、粒子破碎が終了した際に得られる究極定常状態強度であると考えた。また、すべり面上でせん断が進行する高速土砂流動現象では、リングせん断試験によって得られるこの究極定常状態強度が流動限界勾配に対応することを示した。

2) 大阪層群試料を対象にした自然排水リングせん断試験において、せん断箱上面から排水できる条件にもかかわらず、せん断中に発揮される摩擦係数が大きく低下し、高速土砂流動現象が認められた。せん断ゾーンの試料の粒子破碎がかなり進行していたこと、及びせん断終了後の透水性がかなり低下していたことから、せん断ゾーンにおいて、粒子破碎による過剰間隙水圧の発生速度が発散速度を上回って、高い間隙水圧が蓄積され流動現象が発生し得ることが示された。

3) また、運動中に発揮される摩擦係数の低下を評価するインデックスとして新たに提案した「高速土砂流動現象ポテンシャル(有効摩擦係数と見かけの摩擦係数の比)」は、この自然排水条件において全垂直応力及びせん断速度と比例関係にあることが示され、崩壊土塊の厚さ及び運動速度が大きいほど、高速土砂流動現象のポテンシャルが大きくなることを見いだした。

4) 非排水条件時に発生する過剰間隙水圧を推定することを目的に、排水リングせん断試験時に得られる体積ひずみと、別に測定した体積圧縮係数の比を、せん断により発生した体積変化と同量の体積変化を発生させるのに必要な垂直応力に相当するものと考え、「等価垂直応力」の概念を導入した。

5) 排水条件下で試料をせん断しながら測定した体積圧縮係数を用いて「等価垂直応力」を算出した結果、非排水試験において、ほぼ定常状態に到達したと考えられる1mまでのせん断変位において、排水試験から算出した「等価垂直応力」と、非排水試験における過剰間隙水圧はほぼ同じ値になることを明らかにした。

この研究結果は、高速土砂流動現象における過剰間隙水圧の発生・発散に及ぼす全垂直応力、せん断速度、粒子破碎特性の影響を実証的かつ定量的に明らかにし、また「等価垂直応力」を算出することにより高速土砂流動現象において発生して

いる過剰間隙水圧を排水リングせん断試験結果から推定可能であることを示したものである。

論文審査の結果の要旨

主に豪雨時に発生する高速土砂流動現象は、長距離運動し多くの人命、財産、及びその他の社会経済活動に甚大な被害をもたらしている。これらの災害を軽減・防止するために、高速土砂流動現象の発生予知、運動予測をすることは社会的に極めて重要な課題の一つであるが、高速土砂流動現象のメカニズムは未だ充分解明されておらず、また流動化に至るポテンシャルの推定方法も確立されていない。申請者は、1995年兵庫県南部地震により多数の地すべりが発生した大阪層群（高速土砂流動現象が発生した宝塚ゴルフ場より採取）、工業用珪砂（細砂）等を対象試料に、すべり面を再現可能なリングせん断試験及び均質に三次元的な変形を与える三軸圧縮試験を実施し、排水試験時の体積変化特性、試料の粒子破碎特性、そして透水性の変化、及び非排水試験時の過剰間隙水圧を調べた。次にその結果を要約して述べる。

まず、初期間隙比を種々に与えて非排水条件下でリングせん断試験及び三軸圧縮試験を実施した結果、崩壊土塊の流動限界勾配を規定する定常状態強度は、いずれの間隙比においてもリングせん断試験が三軸圧縮試験よりも小さな値を与えることが見いだされた。リングせん断試験においては、せん断ゾーンでの粒子が限界まで破碎されると推定されることから、それによって得られる定常状態強度は、すべり面上を長距離運動する高速土砂流動現象における流動限界勾配に対応するものと考えられる。

ついで、自然排水条件下でリングせん断試験を実施した結果、せん断箱は排水条件下にあっても、せん断が進み粒子破碎が進行すると細粒分の増加により難透水性のせん断ゾーンが形成され、粒子破碎による過剰間隙水圧の発生速度が、発散速度を上回り流動現象が発生することが認められた。有効摩擦係数と見かけの摩擦係数の比で定義した高速土砂流動現象ポテンシャルは、自然排水条件下では、全垂直応力及びせん断速度の大きさに比例して増大することが見いだされた。このことは、崩壊土砂が高速流動化するポテンシャルは、地すべり土塊が厚いほど、運動速度が大きいほど増大することを示している。

さらに、排水リングせん断試験時に生じる体積ひずみと体積圧縮係数の比を、せん断で生じた体積変化と同量の体積変化を発生させるのに必要な「等価垂直応力」と見なし、これを用いて非排水リングせん断試験で発生する過剰間隙水圧の推定を実施する方法を導入した。せん断を実施しながら測定した体積圧縮係数を用いて「等価垂直応力」を算出したところ、非排水試験で、定常状態にほぼ到達する1mまでのせん断変位において、発生した過剰間隙水圧とほぼ同等の値を示すことが実証された。このことは、排水リングせん断試験を実施するだけで、高速土砂流動現象中の過剰間隙水圧を推定可能であることを意味する。

この研究結果は、これまで明らかにされてこなかった高速土砂流動現象における過剰間隙水圧の発生メカニズムを、試験の範囲内ではあるが、定量的に実証したものと考えられ、地すべり学の進展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、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。