

新潟県中越地震により崩壊した地すべり土の残留強度

東京理科大学 学生会員 ○中村 滋 小張 泰英
東京理科大学 国際会員 石原 研而 塚本 良道
JR九州（元東京理科大学） 中村 昌司

1. はじめに

2004年10月23日に発生した新潟県中越地震においては、数多の地すべりが発生し、地すべりが原因で、山村集落の孤立・河道閉塞による家屋の浸水など甚大な被害をもたらした。これらの地すべりの特徴は、長距離を高速で斜面をすべる点にある。しかし最近まで、これら高速長距離地すべりの土質力学的な観点からの実態解明を目的とした研究は数少ない現状にある。また地震によるすべり土塊は不飽和状態にあることが多いが、その流動変形中における強度低下現象のメカニズムについてはよく知られていない。地震の発生が頻繁であるわが国では、この多発する高速・長距離地すべりの流動メカニズムの解明と土砂の流出距離の推定方法の確立が求められている。そこで本研究ではまず、高速土砂流動状態を再現した体積変化制御型排水三軸試験を行い、流動状態にある土の残留強度を求めた。さらに、得られた残留強度から簡易地すべりモデルを作成し、その解析結果の結果から求められる流出距離と、地震後に観測された実際の地すべりの流出距離との比較検討を行った。

2. 実験概要

実験に使用した試料は、2004年10月26日に発生した新潟県中越地震において、新潟県山古志村で発生した斜面崩壊地点より採取した砂質土・粘性土（東竹沢砂、虫亀土）、また2003年5月26日宮城県沖地震により宮城県築館町において発生した斜面崩壊地点より採取した砂（築館砂）、2003年7月26日宮城県北部地震により宮城県河南町において発生した斜面崩壊地点から採取した砂（河南砂）である。比較検討を目的として豊浦砂も実験試料に用いた。各々の試料の物性値を表1に示す。

表1 各試料の物性値

試料	細粒分含有率 (%)	土粒子密度 (g/cm ³)	最大間隙比	最小間隙比	最大粒径 (mm)	平均粒径 (mm)	均等係数	曲率係数	塑性指数
東竹沢砂	18.0	2.640	1.514	0.850	4.75	0.16	8.38	3.21	NP
虫亀土 (機械粉砕)	0.1	2.756	2.194	1.750	4.75	1.996	3.25	1.02	26.5
虫亀土 (完全粉末状)	39.8	2.756	/		2.00	0.229	247.50	2.43	26.5
築館砂	36.2	2.648	2.088	1.383	4.75	0.252	146.33	0.73	NP
河南砂	21.5	2.745	1.644	1.093	4.75	0.213	24.92	4.42	NP

ここで、東竹沢砂は、粒径幅が狭い貧配合の砂である。虫亀土は、塑性指数 I_p が26.5の粘性土である。築館砂は風化した破碎性が顕著な火山灰質土である。河南砂は、細粒分20%程度含む礫混じり砂である。

供試体作製方法には、湿潤締固め法を採用し、直径12 cm×高さ24 cmの供試体を作製し体積変化制御型三軸試験を行った。実際に地震により引き起こされる高速流動地すべりの流動現象は、流動時に空気・水の出入りが全くなく全体として崩壊土砂が収縮する非排気非排水条件と、空気・水を吸収しながら崩壊土砂が膨潤する吸気吸水条件との間の挙動を示し、地すべり強度もそれに相応する強度となるものと考えられる。そこで、高速で土砂が流動する際崩壊土砂は体積が変化しないと仮定し、体積一定排水排気条件下で圧縮荷重を加える三軸試験を、本研究では提案した。

図1に示す東竹沢砂を用いて行った三軸試験結果の時系列変化を示し、実験方法について説明する。ひずみ速度0.3%/minとし、体積一定条件となるように拘束圧を減少させる。拘束圧が0kPaとなった時におこる若干の体積膨脹を本研究では許容することとした。次に、含水比の影響をみる実験ケースを行った。これは本学における昨年までの研究より、

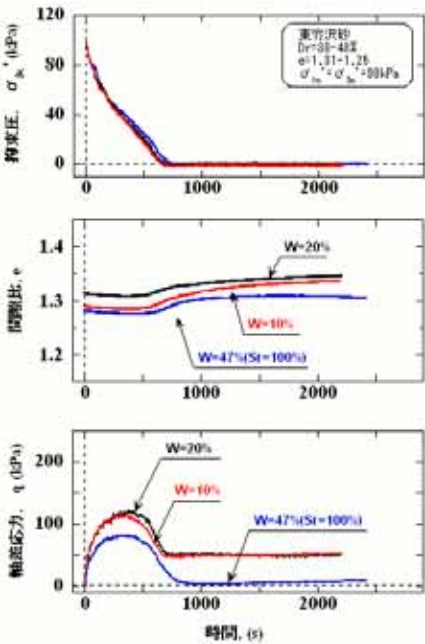


図1 体積変化制御型三軸圧縮試験結果の一例（東竹沢砂）

キーワード 体積一定 拘束圧減少 残留強度 不飽和 細粒分含有率

連絡先 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学大学院理工学研究科土木工学専攻 TEL04-7124-1501

密度と拘束圧よりも含水比が卓越して残留強度に大きく影響を及ぼす実験結果となったためである。流動変形後の土の残留強度は、載荷中に測定された最小のせん断応力と定義した。一方、間隙比は軸差応力減少時と残留状態において変化が若干生じるが、ほぼ一定値を保持した。

3. 実験結果及び考察

(1) 各資料における土の残留強度特性

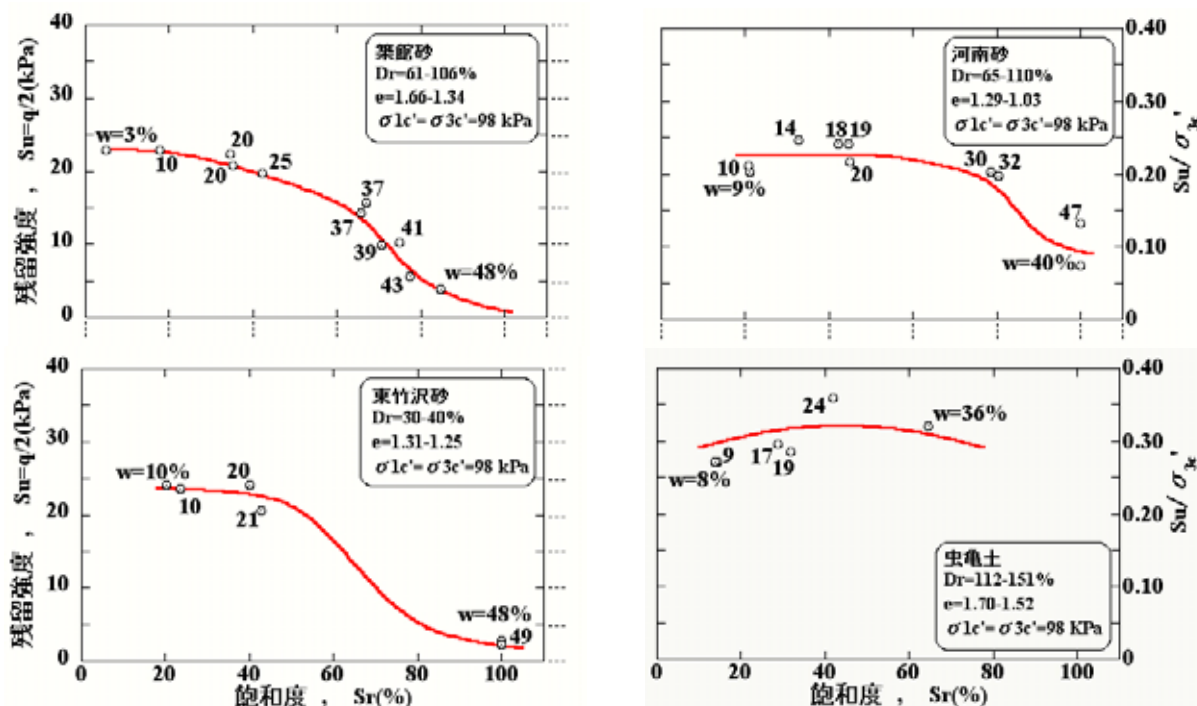


図2 各試料の残留強度への含水比・飽和度の影響

図2に、各試料の残留強度と供試体の含水比の関係を示す。築館砂の実験に関する図を見みると、含水比（飽和度）が大きくなると残留強度が著しく低下した。また、含水比が低い3～20%（飽和度5～35%）の範囲では残留強度はほとんど変化せず、含水比がそれ以上になると残留強度は著しく低下した。河南砂の実験に関する図を見ると、含水比が10～32%（飽和度20～81%）の範囲内では、含水比はほとんど残留強度に影響を及ぼさない。このことから築館砂と比較して河南砂は含水比の影響を受けにくいと考えられる。東竹沢砂を用いた実験に関する図をみると、残留強度は含水比が10～20%（飽和度20～43%）の範囲内では一定の値となり、含水比が大きくなると残留強度は著しく低下する。東竹沢砂の特徴として、粒径幅が狭く豊浦砂の粒径に類似していることがあげられるが、東竹沢砂の残留強度と含水比の関係は豊浦砂と類似したものとなった。虫亀土を用いた実験に関する図を見ると、粘性を有する虫亀土の残留強度は他の試料と比べて高いことがわかる。含水比が低い8～36%（飽和度14～64%）の範囲では含水比は残留強度にあまり影響を及ぼしていないことが見られる。しかし、虫亀土を用いた実験では高い飽和度の供試体は作製できなかったことを付記する必要がある。

4. まとめ

新潟県中越地震・宮城県沖地震・宮城県北部地震により発生した地すべりの現場から採取した4種類の土試料を用いて、不飽和供試体と飽和供試体を作製し、体積変化制御型三軸圧縮試験を行い、含水比（飽和度）が残留強度に及ぼす影響を調べた。本研究から得られた各々の残留強度と含水比の関係を用いて、エネルギー原理を用いた簡易解析法による地すべりにより発生する崩壊土砂の流出距離の推定について、今後さらに検討を進めていく予定である。

【参考文献】

- 1) 中村 昌司・石原 研而・塚本 良道・平川 大貴(2004)「体積変化制御型三軸試験による不飽和土の変形挙動」、第39回地盤工学研究発表会、837-838
- 2) 芳賀 千尋・石原 研而・塚本 良道・平川 大貴・砂川 宏通(2004)「2003年三陸南地震により崩壊した築館高速地すべりに関する考察」、土木学会第59回年次学術講演会、267-268