

公益信託 NEXCO関係会社高速道路防災対策等に関する支援基金
受託者 三菱UFJ信託銀行株式会社 宛

研究概要書

研究課題：自然斜面・切土のり面の地震時・豪雨時の崩壊メカニズムに関する研究

研究代表者： 東京大学大学院工学研究科 准教授 渡邊 健治

はじめに

近年の地震・豪雨により、高速道路に隣接する斜面・切土のり面が崩壊する土砂災害が多発している。近年では急勾配な斜面でなくても大規模な土砂災害が生じる事例が多く報告されているが、それは「地震・降雨により乱されると急速に強度が低下し、自重すら支えられなくなるような土」によって生じていることが分かってきている。本研究では、特に日本に広く分布する「火山灰土」に着目し、その強度・変形特性を評価する。

1. 研究の目的

これまでに全国各地で発生した地震動や大雨によって、火山灰土が厚く堆積している地域で大規模な斜面崩壊が多数報告されている。そこで本研究では「火山灰土」に着目し、現地調査および東京大学土質/地盤研究室が所有する特殊な試験装置（多層リングせん断試験装置）によってその強度・変形特性を評価し、斜面崩壊の発生メカニズムを評価することを目的としている。

2. 現地調査および実験に用いた試料

本研究では、緩斜面での大規模斜面崩壊事例として、2018年9月6日に発生した北海道胆振東部地震において震源近くの厚真町において多数発生した斜面崩壊に着目した。現地には降下火山灰層である樽前d層(Ta-d)や支笏層(Spfa-1)、ローム層である恵庭ローム層(以下Enloamと表記)等が存在し、過去の調査からこれらの層のいずれかがすべり面となった可能性が指摘されている。そこで、本研究では、現地調査および現地で採取した試料(7種類)を用いた室内試験を行った。

3. 多層リングせん断試験装置による強度特性の評価(攪乱試料)

本研究では、「多層リングせん断試験装置」を用いて試験を行った。この装置は中空円筒供試体の断面を保ったまま1000%を超えるせん断ひずみを与えられる特徴があり、従来の一面せん断試験やリングせん断試験のように強制的にせん断断面を規定することなく、大変形領域での供試体の挙動を検討することができる。本研究では現地斜面(表-1、図-1)で採取した攪乱試料に対して試験を行っ

表-1 各調査箇所での滑落規模

調査箇所	滑落域の諸元		
	長さ(m)	幅W(m)	滑落面角度 θ ($^{\circ}$)
幌里	54	45	17
幌里	210	30	—
桜丘	99	73	19
朝日	87	70	10
高丘	39	68	22

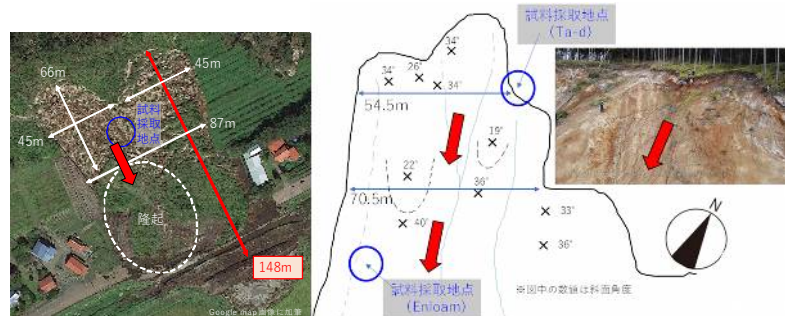


図-1 調査対象とした斜面(左図:朝日地区、右図:桜丘地区)

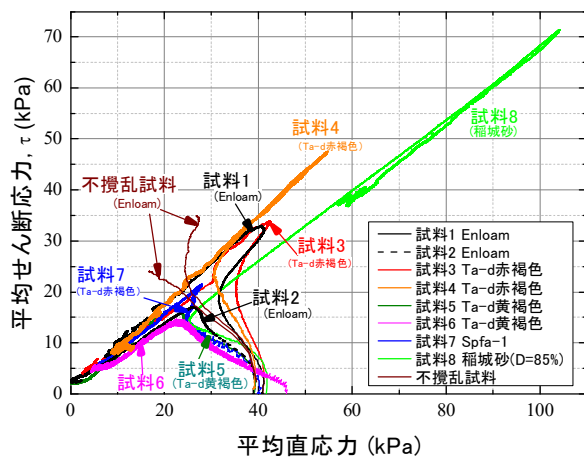


図-2 全試料の応力経路

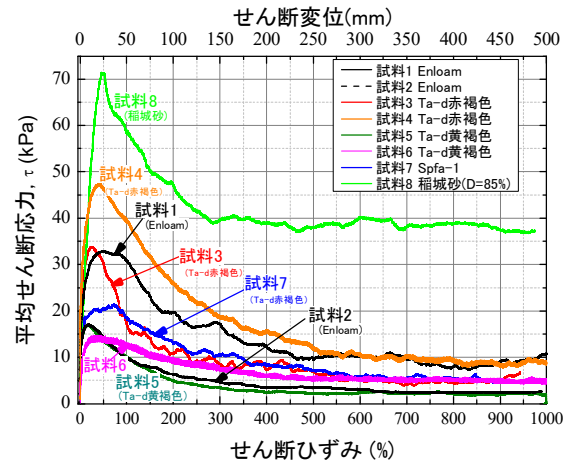


図-3 全試料のせん断応力-せん断ひずみ関係

た。また、比較のために一般の砂（稻城砂）に対する実験も実施した。

図-2、図-3 に定体積単調せん断試験により得られた応力経路図と応力-ひずみ関係図を示す。まず、応力経路図について、赤褐色 Ta-d と 16Enloam については、はじめ負のダイレイタンスを示すものの、ある地点から正に転じ、ピークの地点からは再び負のダイレイタンスを示しながら破壊包絡線に沿って挙動している。定体積条件下で拘束圧が減少から増加に転じる挙動は一般的な過圧密粘土の非排水せん断挙動に類似しているが、ピーク強度から拘束圧・せん断応力が減少する「巻き返し」挙動は一般的な砂とは異なる特徴的な挙動である。一方で、細粒分含有率の高い黄褐色 Ta-d や 19Enloam については、せん断中、常に負のダイレイタンスを示していることが分かる。次に、応力-ひずみ関係図を見ると、いずれの試料も 20~40%程度のひずみレベルでピーク強度を発現した後、400~500%以上のひずみレベルにおいてある一定の残留強度に収束していることが分かる。厚真町の土（特に赤褐色 Ta-d、黄褐色 Ta-d、19Enloam）は一般の砂（稻城砂）と比較してピーク強度に対する残留強度の比が小さく、大きなひずみ軟化挙動を示すことが分かる。このことから、厚真町の火山灰土について、大ひずみ領域で弱面が発現し、それにより非常に小さな残留強度が発揮されるというメカニズムが示唆された。

4. 一面せん断試験による強度特性の評価（不攪乱試料）

前章で示したせん断試験は試験装置の特性上、攪乱試料（一度乱し、室内で再構成した試料）で実施せざるを得ず、特にピーク強度の評価について試料の乱れの影響が懸念される。そこで現地調査においてはシンウォールによる不攪乱試料を用い、一面せん断試験により強度特性を評価した。図-2 中にこの不攪乱試料の試験結果（2 ケース）を示しているが、試験結果にばらつきがあるものの、攪乱試料よりも高いピーク強度を示すことを確認した。すなわち、多層リングせん断試験結果で見られた以上にピーク強度と残留強度の差は大きいことが示唆された。

5. まとめ、今研究で得られた成果、今後の課題等

本研究では厚真町の斜面崩壊現場で採取した 7 種類の火山灰質土に対して、大せん断ひずみレベルでの残留強度特性を評価した。その結果、これらの火山灰質土が一般の土に比べて大きなひずみ軟化挙動を示し、緩斜面であっても土塊の自重による滑動力によって長く流動する可能性があることを確認した。

本研究ではせん断力を徐々に増加させる単調せん断試験のみを行ったが、今後は実地震のようにせん断力が繰返して作用する影響の評価が課題である。さらに、他地域の火山灰質土に対する検討も合わせて、緩斜面の大崩壊に対するリスク評価を進める必要がある。