

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 5 月 16 日現在

機関番号：12301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24560599

研究課題名(和文)地震地すべりリスクから考える関東地域の各種ローム土の類型化

研究課題名(英文)Classification of various loamy soils in the Kanto region based on potential risk of earthquake-induced landslide

研究代表者

若井 明彦(WAKAI, AKIHIKO)

群馬大学・大学院理工学府・教授

研究者番号：90292622

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：火山由来土から成る斜面における地震地すべりの発生リスクを評価するため、風化軽石を含む鋭敏粘土の力学特性の把握とともに、こうした地層を有する斜面が関東地域でどのように分布しているかを、ボーリングデータベース等に基づいて検討した。また、斜面での現地調査およびサウンディング、採取した土試料による室内試験等に基づく土の物性評価などによって、個々の斜面のリスク評価を効率的に実施するためのケーススタディを行った。

研究成果の概要(英文)：Mechanical properties of sensitive clay with weathered pumice were investigated for evaluation of potential risk for earthquake-induced landslide in the slopes with volcanic soils, and the distributions of such slopes were estimated by the public database for ground profiles obtained from past engineering works. Case studies for developing simple risk analysis method for each slope were also performed with field investigation, measurements and laboratory tests with sampled specimens.

研究分野：地盤工学

キーワード：火山灰質粘性土 凝灰質粘土 風化 軽石 地下水位 地震 含水比 地すべり

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 2011年に起きた東北地方太平洋沖地震では、東北、北関東地方の各地で、地震動によって引き起こされた地すべり、土石流などの土砂災害が発生した。地すべり、土石流は道路を寸断し、時には近隣周辺の住宅建物などを破壊するなど多大な被害をもたらした。このような被害から身を守るために、今後の大規模地震時の地すべりに対する防災・減災対策は不可欠である。

(2) 関東地域の山地や丘陵等に広く分布し、軟弱かつ鋭敏な粘土層として知られている風化火山灰質粘性土は、土工事中の重機振動等によっても容易にトラフィカビリティを失うことがある。こうした土が強い地震動を受けると急速に強度低下をする懸念があり、例えば斜面内に同地層が存在する場合、地震時に崩落土砂の長距離移動を伴う流動性地すべりを発生する可能性がある。2011年東北地方太平洋沖地震の際に福島県南部や栃木県内で発生した地すべりには、このような事例が多く見られた(図-1は一例)。



図-1 白河市葉ノ木平地区の地すべり。

### 2. 研究の目的

(1) 関東地域の山地や丘陵等に広く分布し、軟弱かつ鋭敏な粘土層として知られている風化火山灰質粘性土の工学的性質、特に、その動的強度・変形特性を把握する。また、こうした強度変形特性と密接に関わる、地層中での自然含水比と液性・塑性限界との関係などを採取試料に基づいて調べる。

(2) このような地層を挟在し、地震時等に不安定化する可能性がある斜面を効率的に発見するため、斜面地において少人数で実施可能なサウンディング手法として、簡易動的コーン貫入試験を取り上げる。実際にこのような地層を有する斜面において貫入試験を実施し、貫入抵抗値の深度分布等に基づいて鋭敏な地層を把握する可能性を検証する。

(3) 関東地方の各地にこのような軟弱かつ鋭敏な風化火山灰質粘性土が分布するが、こうした地層が主に関東ローム層内の軽石の風化などにより形成されることに着目し、各給源火山の軽石の降下域、ならびに軽石が風化(ハロイサイト化)して鋭敏な粘性土に変化していく過程などを、火山および地質関連の既往の文献等により調査する。

(4) 既存の地盤情報データベース等を参照して、軽石を挟在する粘性土層の堆積厚さの分布などを広域的に調べる。また、実際の斜面災害との相関性について、東北地方太平洋沖地震の際の地すべり災害箇所の広域分布と地層特性の分布傾向とを比較し、有意な関係の有無を検討する。

### 3. 研究の方法

(1) 関東地域の鋭敏な風化火山灰質粘性土の力学特性を把握するための一例として、群馬県安中市松井田町横川地区の道路拡張工事現場の斜面掘削部において、鋭敏な軟弱粘土層の不攪乱試料等をブロック採取した。斜面上部には竹が多く繁茂していたことから平時より地下水位が高く、斜面内の土の軽石成分の風化が促進されていたことが推定される。実施した力学試験は液性・塑性限界、一軸圧縮試験、三軸圧縮試験、一面せん断試験、最小最大密度、保水性試験である。

試験を実施した試料は、凝灰質粘土(風化軽石)、未風化軽石および火山灰質粘性土の3種類である。以下、順に試料W(Weathered)、U(Unweathered)、L(Loam)とする。これらの土試料は浅間山の噴出物である25ka前後の浅間板鼻軽石層群(As-BPグループ)付近に堆積しており、給源火山からの距離は20km程度である。試料W、Lは粘土質であったのに対し、試料Uは軽石の粒形状が明瞭に認められた。自然含水比は、試料W、U、Lの順に97.21%、127.60%、91.02%であった。各試料の様子を図-2に示す。



図-2 現場採取試料の様子。

(2) 前項と同じ現場において、工事のために斜面内2箇所で行われていた標準貫入試験の結果を参照しながら、計7箇所で行った簡易動的コーン貫入試験(図-3)を実施した。両結果を比較することで、より簡易なサウンディングである後者の有効性が検証された。



図-3 簡易動的コーン貫入試験の様子。

(3) 関東地方の各地に分布する軟弱かつ鋭敏な風化火山灰質粘性土の成因について分析するため、既往の文献を収集した。

例えば、南関東地方も北関東地方同様に箱根山・富士山を給源とした火山噴出物および風成二次堆積物により構成される多くの台地・丘陵が存在している。多くの噴火活動により堆積したテフラの中で東京軽石層（TP）は、南関東に広く分布する約6万5千年前のプリニ式噴火の降下軽石層であるが、これに関しては同一の軽石層に対して複数地域の試料を採取し、堆積環境の違いなどによる風化変質の違いについて検討した研究が従来行われてきている。本研究においても、こうした研究による知見を参照した。

(4) 東北地方太平洋沖地震で多数の地すべりが発生した栃木県地域を例に、ローム中の風化軽石層の存在と地すべりとの因果関係について調べるため、「とちぎ地図情報公開システム」（栃木県県土整備部）の地盤情報データベース内のボーリング柱状図を引用して、ボーリング地点ごとのローム層厚をまとめ、その広域的な分布性状と地すべり発生箇所との分布とを比較した。

#### 4. 研究成果

(1) 群馬県安中市松井田町横川地区の道路拡張工事現場で採取した土試料による各種試験から多くの知見が得られた。例えば、液性・塑性試験を試料 W, L について実施したところ、試料 W では液性限界が71.50%と、液性限界が自然含水比を大きく上回る結果が得られた。これは、地震動などによりこの土が乱された場合、急激な強度低下を引き起こす危険性があることを示唆する。また、サクシオン制御の保水性試験結果による水分保持曲線によれば、これらの土は一般土質材料に比べ保水性が高く、高飽和度が維持されることが示された。

(2) 前項と同じ現場における簡易動的コーン貫入試験の結果によると、貫入抵抗を標準貫入試験のN値に換算した値は、実際のN値

と良好に一致することが分かった（図-4はその一例）。また、本試験法は標準貫入試験よりもはるかに実施が安価であり、深度方向の分解能も細かい優位性がある。一方、深度が大きくなるなど、貫入抵抗の大きな層を通過する場合には貫入力が不足するため、調査対象となるのは斜面のおおむね5m程度以浅の表層に限られることが確認された。

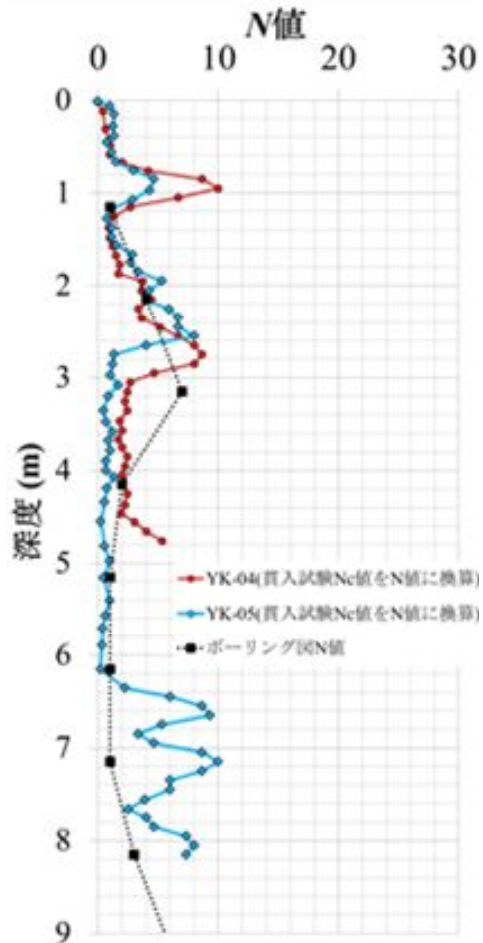


図-4 簡易動的コーン貫入試験と標準貫入試験の結果の比較（N値で比較）。

(3) 関東地方に分布する風化火山灰質粘性土の成因について分析するための既往の文献のいくつかによれば、給源火山からの距離が遠くなるにつれハロイサイトの生成が進んでいないことが確認されていることが分かった。また、ハロイサイトの生成と風化の程度の関係は、前項の横川地区の風化軽石にもみられた通りハロイサイト生成率が多いほど、風化が進んでいることが指摘されていた。一方、本研究の一環として実施した現場調査において、給源火山からの距離が遠いにもかかわらず局所的にハロイサイトが卓越している現場が存在したが、その地域は集水地形となっていることが確認されており、集水地形であるため地下水や雨水の通り道となっていたことが要因となり、局所的にハロイサイトが卓越していたと考えられる。



この距離と風化の程度の関係は、東京軽石層上部に堆積するローム層（火山灰質粘性土層）の厚さが要因となっていることが予想される。ローム層は、給源火山からの距離が遠くなるにつれ、その層厚は減少し、逆に給源火山からの距離が近くなるにつれローム層は厚くなるのが一般的に言え、給源火山から近い地域の東京軽石層の上部では厚くローム層が堆積し、風化変質に必要な SiO<sub>2</sub> の供給が良くなされていたことがこの現象の要因ではないかと考えられる。

(4) 「とちぎ地図情報公開システム」(栃木県県土整備部)のボーリング柱状図を引用して、ローム層厚の広域的な分布性状を集計したところ、図-5のような結果が得られた。ここで、柱状図中に記載されている各ボーリング地点に存在するローム層の厚さをすべて合計した数値を用いていることに注意されたい。ローム層の堆積はおもに標高の低い平地から丘陵地に集中しており、急勾配な斜面や山地が発達する西部においてはほぼ存在しないことがわかる。また、地すべりが多数発生している栃木県中東部において、比較的層厚の厚い地点が存在するなど、地すべり発生とローム層厚には一定の相関があることがわかった。ローム層が厚いほど風化軽石に起因する鋭敏かつ軟弱な粘土層を挟在する場合が多いことがこれに関係していると考えられる。今後の検討が必要である。

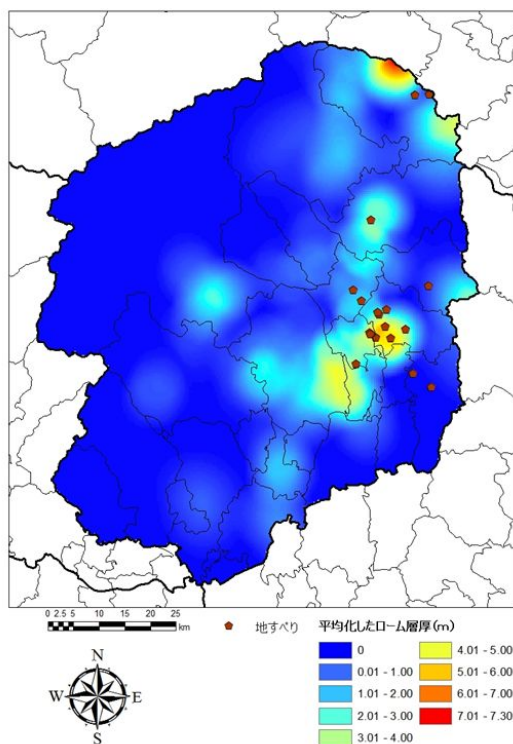


図-5 栃木県内のローム層厚の分布特性と東北地方太平洋沖地震時の地すべり発生箇所との相関性。

## 5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計7件)

瀧野誉将、早田 勉、西村友良、若井明彦、火山由来土からなる斜面の地震被害リスク評価手法開発のための基礎的研究、土木学会関東支部第42回技術研究発表会、2015.3.5、東海大学湘南キャンパス

西村友良、若井明彦、早田 勉、高含水比状態にある斜面内部の軟弱粘土層の動的強度特性、斜面・のり面の劣化モデルとLCC評価による斜面防災対策に関するシンポジウム、2014.12.5、地盤工学会

篠崎智至、若井明彦、田中成季、深津貴之、西村友良、早田 勉、凝灰質粘土の軟化特性を考慮した地震地すべりの地形・地質的検討、第52回日本地すべり学会研究発表会、2013.8.29、島根県民会館

深津貴之、若井明彦、篠崎智至、田中成季、西村友良、早田 勉、凝灰質粘土の軟化特性を考慮した地震地すべりの力学的検討、第52回日本地すべり学会研究発表会、2013.8.29、島根県民会館

田中成季、篠崎智至、若井明彦、西村友良、早田 勉、簡易動的コーン貫入試験による斜面内部の軟弱粘土層の推定の試み、第52回日本地すべり学会研究発表会、2013.8.29、島根県民会館

木村尚意、田中頼博、林 一成、若井明彦、塚原健太、地震動および既存の地盤情報に基づく地質と斜面災害分布との関係の分析、第52回日本地すべり学会研究発表会、2013.8.29、島根県民会館

福島文将、深津貴之、若井明彦、蔡 飛、鶴飼恵三、火山灰質粘性土から成る斜面で発生した地震地すべりの再現解析、第52回日本地すべり学会研究発表会、2013.8.29、島根県民会館

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

若井 明彦 (WAKAI, Akihiko)  
群馬大学・大学院理工学府・教授  
研究者番号：9 0 2 9 2 6 2 2

(2)研究分担者

西村 友良 (NISHIMURA, Tomoyoshi)  
足利工業大学・工学部・教授  
研究者番号：0 0 2 3 7 7 3 6