

令和 4 年 6 月 14 日現在

機関番号：12201

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18H01529

研究課題名（和文）火山灰質土の何が地盤災害を引き起こすのか～火山地域の災害脆弱性の克服

研究課題名（英文）Study on investigate the relation between the soil properties of volcanic soil and ground disaster.

研究代表者

海野 寿康（UNNO, TOSHIYASU）

宇都宮大学・地域デザイン科学部・准教授

研究者番号：50570412

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 10,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、特殊土に分類される火山灰質土の地震、豪雨時における災害脆弱性について、土質力学的アプローチの下に、火山灰質粗粒土が持つ特異な性質が地盤災害（液状化、流動性崩壊、斜面崩壊等）のメカニズムにどう影響を及ぼすか、要素せん断試験、模型盛土実験、数値モデルの開発等を通して把握を試みた。

特に本研究で着目した火山灰質細粒土は、大きく粒子破碎挙動と高い保水性の特性を有しており、この特性が災害時の土の挙動にどう影響を及ぼすかの検討を行った。その結果、前述の土質特性が火山灰質粗粒土における自然災害時の各種地盤災害の被害を助長させる効果を有することを実験あるいは解析的に把握した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来、定性的に捉えられてきた火山灰質土の災害被災時の被害拡大について、本研究では、要素せん断試験や模型実験、数値モデルの開発を通じ土質力学的見地から、火山灰質土のその特異な静的、動的力学挙動の把握と災害時の因果関係について報告している。

これらは自然災害時における火山灰質土地盤の被災予測や対策工法の決定に有益な情報を与えるものである。なお、本研究中に2018年北海道胆振東部地震（2018）や令和元年東日本台風（2019年）にて北海道、関東の火山灰質土分布地域が被災した。研究代表者、分担者はこれら災害の学術調査団に参加し本研究によって得られた知見を被災メカニズム把握に活用した。

研究成果の概要（英文）：This study investigates the vulnerability of volcanic ash soils, classified as problem soils, to earthquakes and heavy rainfall. Under the soil mechanics approach, the unique properties of volcanic ash soils are examined to determine how they affect the mechanism of ground disasters. The methods used in the study were elemental shear tests, model embankment tests, and the development of a numerical model.

The volcanic ash soils focused on in this study have two characteristics: fragile soil particle breakage and high water retention. We investigated how these two characteristics affect the behavior of the soil during a disaster, such as liquefaction, mud flow failure, Collapse, etc. As a result, it was found through various tests and numerical analyses that these two unique soil properties have the effect of contributing to the damage of volcanic ash coarse-grained soil in the event of a ground disaster.

研究分野：地盤工学

キーワード：火山灰質土 粒子破碎 不飽和 液状化 流動性崩壊 非塑性細粒分 軽石

## 1. 研究開始当初の背景

近年の気候変動や地震・火山活動の活発化により、世界的に自然災害の脅威が重大化している。中でも、大規模な地盤災害の事例として2000年代初頭から頻発する地震や豪雨の内、2008年岩手・宮城内陸地震、2011年東日本大震災や2016年熊本地震、平成27年9月関東・東北豪雨において、大規模な流動性崩壊が起きている。これらの大規模崩壊は、埋立て地盤の液状化問題と比べ人的被害や二次災害の危険性が高いにもかかわらず、その被災メカニズムのほとんどが解明されていない。各災害の被災調査より火山灰質土により構成された地盤や土構造物が流動を起こし易いことが分かってきたが、さらなる研究によりメカニズム解明が期待される分野である。なお、火山灰質土の地盤や土構造物では、液状化や不動沈下、豪雨浸食といった災害の報告事例が目立って多い状況は2022年現在も依然として続いている。

一方、主に西日本に分布する一部の土に対しては、1952年に『特殊土壌地帯災害防除及び振興臨時措置法（特土法）』が制定されて以降、継続して対策が行われている。ただし、昨今の被害状況からも現状の危険度評価では、火山灰質土の脆弱性について適切な評価ができないことが分かっており、防災・災害対策分野において、特殊土にも対応した力学理論に基づく安定性評価・崩壊予測手法の確立が望まれる状況にあった。

上述の社会的状況に関連して、申請者らの研究グループは、自然災害に関する国際会議上でイタリア、ニュージーランドの火山灰質土の研究者と意見交換を行った。その結果、各国とも火山灰質土の災害事象が近年増加している状況や火山灰質土の学術的取り扱いについて情報のやり取りを行い、その特殊な性質の把握と、それらを考慮した力学理論の確立、災害との関係性の把握が急務であるという共通の課題認識が得られた。

以上、研究申請時、本研究のテーマが社会的・学術的に強く求められる状況であった。

## 2. 研究の目的

本研究では、研究の背景に記載した火山灰質土の特殊性と災害脆弱性（災害時における強度・剛性の低下挙動）の関係性や力学メカニズム解明を目指し、次に示す検討項目を要素せん断試験と模型実験、その結果に基づく数値モデルの開発、数値解析による各種方法を実施した。

(1) 破砕に着目した力学挙動の把握：

火山灰質土の特殊な土粒子特性として軽石粗粒分における粒子の破砕性と破砕片の非塑性細粒分が挙げられる。火山灰質土特有の空隙を含む多孔質な粒子の破砕と破砕細粒分の強度への寄与メカニズムは、複雑であるため不明な点が多く未解明な点が多い。破砕性土の研究は、1970年代から長く議論される課題ではあるが、本研究では、最新の機器や高精度計測・力学制御機材を使用した各種せん断試験を実施、実験データとそれに基づく数値・理論モデルの構築を目指す。

(2) 不飽和状態における土の力学挙動の関係把握：

火山灰質土の豪雨・地震時の崩壊の多くは、表層不飽和部分が占めるため、不飽和土の力学挙動の把握が必要になる。従来の土質力学では、不飽和土は空隙空気存在により飽和土に比べてせん断抵抗が大きいとされ、特に動力学研究の軽視はこの点に由来する。従来、不飽和土の繰返しせん断試験は、飽和土用の試験装置を用いて行われ、せん断中の空隙空気や空隙水圧の挙動観察、あるいは土骨格とサクション（毛管張力）の関係などを詳細に求めることは少なく、検討するには非常に情報が少ない状況にあった。本研究では、従来から不飽和土の研究を行ってきた研究者がそれぞれ専門分野の視点から、要素試験、模型試験、数値解析と異なるツールを用いて、地震・豪雨時の不飽和土の挙動を検討し、災害時の強度低下メカニズムの解明を試みる。

## 3. 研究の方法

本研究では、目的を達成するため、土質特性の把握として各種要素せん断試験の実施、得られた試験結果を再現する数値モデルの開発、地盤特性として模型盛土に対する振動あるいは降水実験による挙動の観察を行った。

(1) 要素せん断試験による力学挙動と土質特性の関係性の把握

粒子破砕特性並びに高い保水性を有する火山灰質粗粒土の粒子破砕挙動と力学特性の関係、あるいは水分状態と力学特性の関係を把握するため、中空ねじりせん断試験（宇都宮大学、東北大）、振動三軸試験（宇都宮大学、八戸高専）、一面せん断試験（八戸高専）を実施し、飽和、不飽和条件下での単調載荷あるいは繰返し載荷時の破壊や液状化特性の観察を行った。試験対象が特殊土であるため、各機関が所有する試験装置に対し特殊土用に微量まで荷重や変位が制御可能な制御・計測装置を追加し、試験中の載荷に伴う体積や変位変化量あるいは応力変化の計測を行った。また用いた試料は、北海道、東北、関東、九州地方の各地で広く分布する火山灰質粗粒土（しらす、ゆな、鹿沼土、赤玉土）を用いた。試験に用いた材料のいくつかは研究期間中に発生した自然災害時に調査目的で採取した試料を含む。

(2) 構成モデルの開発・改良による火山灰質土の力学挙動の再現

火山灰質土の静的載荷、あるいは繰返し載荷挙動を数値解析で再現することを目的として、要素試験結果の再現性を検討すると共に、研究分担者（横浜国大、鉄道総研）夫々の既存構成モデルの改良を試みた。各研究分担者はそれぞれ、従来から不飽和土の繰返しせん断変形挙動や粒子破砕挙動を再現できる構成モデルを個々に開発し研究を行っていたが、火山灰質土の挙動再現の為、自身が開発してきたモデルを実験結果に基づき改良している。

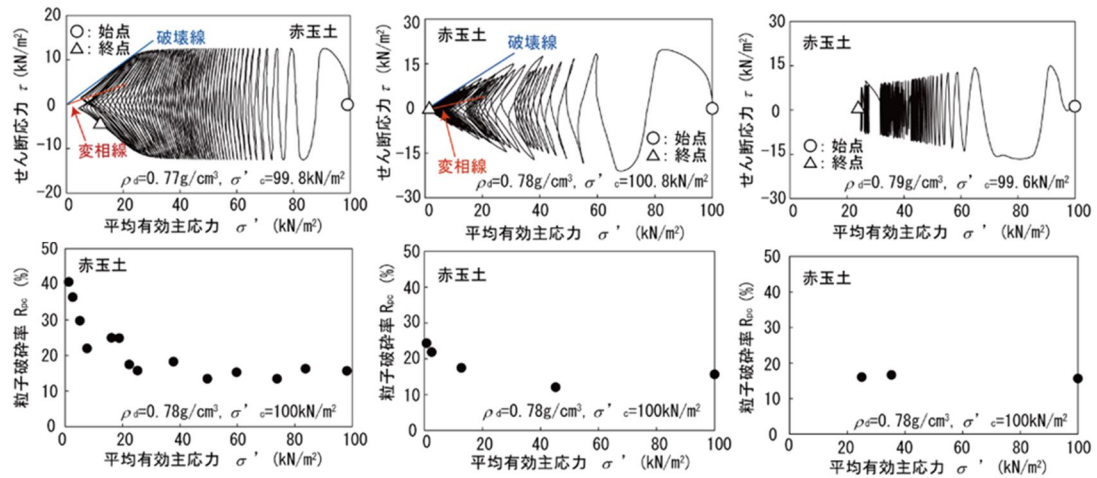


図-1 制御ごとの有効応力経路と粒子破砕率と平均有効主応力の関係  
(左列： 応力制御，中列： ひずみ制御ステップ載荷，右列： ひずみ制御)

### (3) 模型実験による粒子破砕挙動の観察

火山灰質土で構成される地盤の地震時、降雨に伴う粒子破砕の発生を検討するために、火山灰質粗粒土を用いた模型斜面への模型振動実験（日本大学 / 宇都宮大学）、降雨散水実験（鉄道総研）を行い、振動時あるいは降雨浸透挙動を把握するとともに実際に粒子破砕が生じるか検討を行った。振動台による加振盛土崩壊実験は日本大学工学部が所有する大型振動台実験装置を、散水による降雨浸透実験には鉄道総合技術研究所が所有する散水模型実験装置を用いて行った。

## 4. 研究成果

### (1) 要素せん断試験によるせん断変形特性の把握

粒子破砕（宇都宮大 他）：火山灰質粗粒土が有する粒子破砕性に着目し、栃木県鹿沼市産の赤玉土（軽石）の粒子破砕挙動と力学特性の関係を調べるため、単粒子破砕試験および中空ねじりせん断試験による単調載荷および繰返しせん断試験を行った。単粒子破砕試験より、赤玉土は他の砂より非常に小さな荷重で粒子破砕することを把握した。

中空ねじり試験による繰返しせん断試験では、赤玉土は繰返しせん断過程において、有効応力経路が変相線を越え、破壊線に接するまでの範囲で粒子破砕が生じることを示した（図-1 に制御ごとの有効応力経路と変相線（上段）および粒子破砕率と平均有効主応力の関係（下段）を示す）。また、せん断前後における赤玉土の粒径分布を図-2 に示すが、繰返しせん断履歴により粒子破砕が発生した場合、75 $\mu$ m未満の細粒分（シルト，粘土）はほとんど生じず、細砂分が増えること、そのため、繰返しせん断で生じた粒子破砕は、その後の単調せん断時の強度を低下させること、さらに透水係数に与える影響はほとんどないことを明らかにした。

粒子摩耗（八戸高専）：小型繰返し一面せん断試験装置を用いて、拘束圧条件下でのしらす土粒子同士が相対移動する際の摩耗量を評価するための試みを行った（八戸高専）。図-3 に試験結果の代表例として地山しらす（青森県三戸郡新郷村産）での垂直拘束圧に対する単位面積（ $\text{cm}^2$ ）、単位移動距離（m）あたりの摩耗量（ $\text{g}/\text{cm}^2/\text{m}$ ）の関係を示す。いずれも拘束圧の増加に伴い、摩耗量も増加する傾向にあった。なお、実験を繰り返す、供試体内部に摩耗が進むごとに摩耗量が増加する傾向にあったが、これは、供試体表面部と内部での硬さの違いや土粒子を形成する骨格の強さ、粒子の生成過程、空隙の状況による影響が考えられる。地山しらすでは載荷による摩耗量は0.0014～0.0035（ $\text{g}/\text{cm}^2/\text{m}/\text{kPa}$ ）、平均0.0026（ $\text{g}/\text{cm}^2/\text{m}/\text{kPa}$ ）であった。

一連の摩擦試験の結果より、D50 粒径、面心立方格子の配置、粒子間接触面積、粒子間接触圧を50kPaと仮定した地盤の場合、粒子間での累積相対変位量が40mm生じると仮定すると、間隙率は46.9%から47.3～48.4%へと増加する試算結果が得られた。火山灰質土の脆弱な土粒子がせん断により摩耗しながら状態を変化させることを意味している。

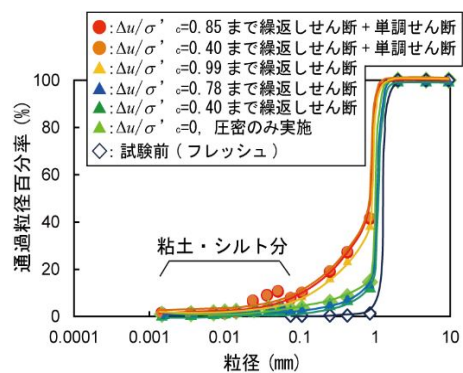


図-2 赤玉土の各種せん断試験前後の粒径加積曲線

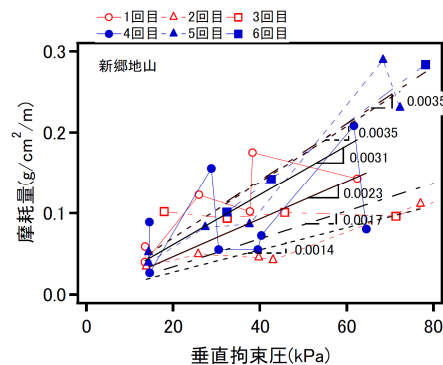


図-3 地山しらす（青森県新郷村産）での垂直圧と摩擦量の関係

不飽和特性（宇都宮大）：異なる飽和度状態の火山灰質土の液状化特性を把握するため、飽和度 100%、80%、70%とした日本国内 6 種類の火山灰質土に対する繰返しせん断試験を実施した。繰返しせん断試験より、ボラ（九州・鹿児島）を除く 5 種の土では、飽和度を低下させると非火山由来の一般的な砂質土同様に液状化強度が増加する傾向を示した。ただし、一般的な砂質土では飽和度が 80% 程度まで低下した場合、液状化強度が 3 倍以上の高い値を示すことに対し、特に火砕流堆積物とされる火山灰質土では飽和度 100% から 70% まで低下させても液状化強度は凡そ 2 倍程度までの上昇である。特に、軽石を多量に含む降下火砕堆積物では飽和度低下に対して液状化強度の増加は鈍感であり 1.5 倍程度に留まった。なお、これら液状化抵抗と飽和度の関係について、土の物理特性のうち、飽和度 70% における液状化強度増加率は、特に細粒分含有率および均等係数と正の相関が得られている。

以上、火山灰質土のせん断に対する抵抗性は、不飽和状態における低い液状化抵抗も含め、脆弱な土粒子による繰返しに伴う粒子破碎と破碎時に発生する細砂に影響を受けることが結論付けられる。

(2) 火山灰質土の繰返しせん断特性のモデル化と妥当性の検証（鉄道総研，横浜国大）：

火山灰質土を対象とした不飽和繰返し三軸試験の挙動を、三相系多孔質体理論に基づく繰返し載荷シミュレーションによって再現を試みるとともに、新たに不飽和土の挙動を記述するための構成モデルの改良を行い、精度の向上について検証を行った。検証対象とした実験は、2018 年北海道胆振東部地震で多くの被害を受けた支笏湖降下軽石の不飽和繰返し三軸試験である。

実験および解析で得られた応力経路図と繰返し回数の関係を図-4 に示す。ここでは繰返し載荷前の飽和度が 72.6% のケースの結果を示す。(a)の実験では繰返し載荷の進行と共に平均骨格応力減少比が減少していくが、完全には 1 とはならず液状化状態には至っていない。また、軸ひずみは引張側に蓄積する挙動を示している。一方、数値解析では繰返し回数 7 回程度で平均骨格応力が 1 に到達しており、また軸ひずみも引張側のみならず圧縮側にも進展しており、飽和土で見られる液状化時の応力～ひずみ関係となっており、従来の手法では実験挙動を適切に再現できていない。そこで、本研究では、本検討を通して構成モデルの改良を行うこととした。不飽和土では非排気・非排水条件であっても間隙空気が圧縮するため、間隙比の変化が生じる。そこで、この現象に着目し、構成式中のダイレイタンシー量に応じて調整する発展則を導入することとした。具体的には次式のような定式化を行った。

$$D^* = D \cdot (e / e_0)^{\psi^{sd}}$$

ここに、 $D$  はこれまでの解析で用いていたダイレイタンシー係数、 $e$  と  $e_0$  は現在および初期の間隙比、 $\psi^{sd}$  はモデルパラメータである。 $D^*$  が修正を行ったダイレイタンシー係数である。

上記のモデルを使った解析結果を図-4(c)に示す。提案モデルを用いた場合は繰返し回数の進行と共に上昇する平均骨格応力減少比の増加が鈍化し、上昇量は 0.9 程度に留まっている。また、応力～ひずみ関係からも実験と同様に引張側にひずみが蓄積する挙動を示している。以上から、提案モデルによって火山灰質土の繰返し載荷挙動を再現できることを検証できた。

(3) 模型振動実験による振動による盛土崩壊時の粒子破碎挙動（宇都宮大，日本大学）：

加振対象の模型盛土は、栃木県鹿沼市産の赤玉土（市販品）を用いており、振動台で崩壊させ、粒子破碎挙動を観察した。盛土は乾燥密度  $0.54\text{g/cm}^3$  で構築し、加振は周波数 2.0Hz の正弦波 20 波を加速度振幅 100gal 単位で増加させるステップ載荷で 100gal から最大 800gal まで与えた。

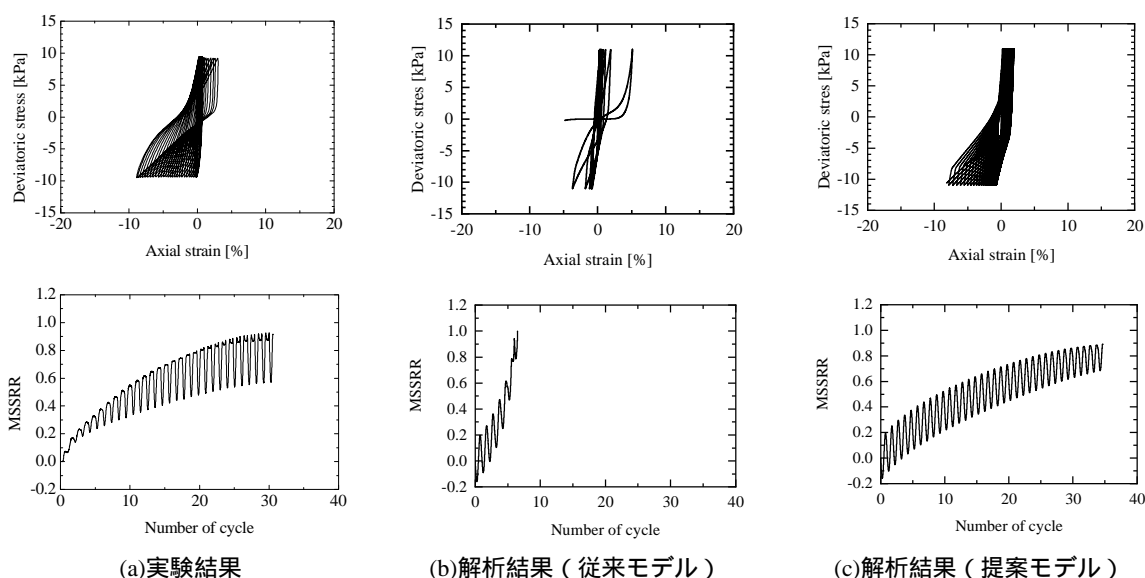
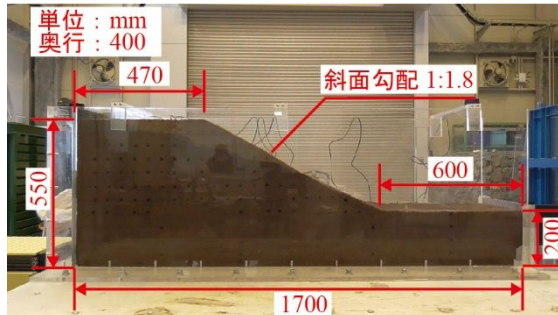
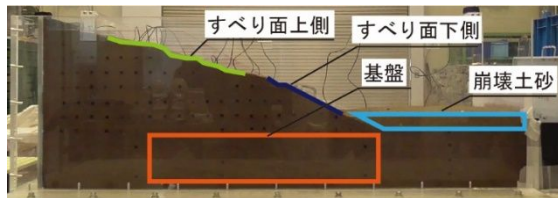


図-4 実験挙動と解析での再現（上段：応力経路図，下段：繰返し回数～平均骨格応力減少比関係）

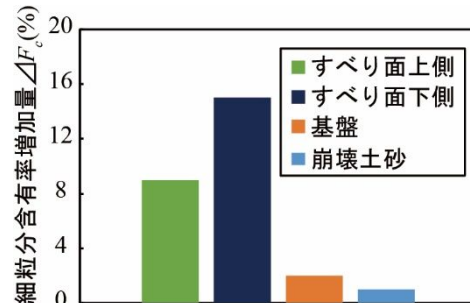
振動台実験における全加振段階終了後の模型盛土斜面を、すべり面上側、すべり面下側、崩壊土砂、基盤の4箇所に分けて試料を採取、粒度試験を実施し粒子破碎量の把握を行った。試験結果を図-5にまとめる。研究では、細粒分含有率増加量  $F_c$  と2mm粒径の通過質量百分率増加量に着目し、崩壊土砂中の土粒子の粒径変化の観察を行った。この結果から、細粒分含有率増加量  $F_c$  はすべり面上側で9%、すべり面下側で15%とすべり面で大きな値を示した。また、2mm粒径の通過質量百分率増加量は崩壊土砂で25.4%と、他の試料と比較して大きな値を示し、模型試験上でも、すべり面・崩壊土砂において、粒子破碎を確認した。これら模型試験の結果は、要素せん断試験より得られた土粒子のせん断に伴う破碎挙動を裏付ける結果となった。



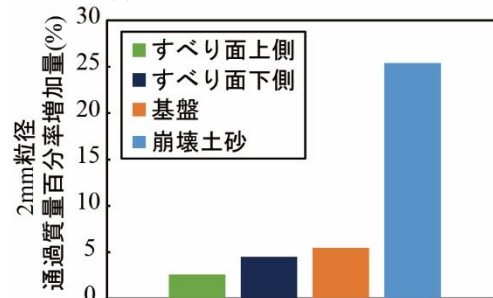
(a) 模型盛土寸法



(b) 加振実験後の崩壊と試料採取位置



(c) 加振後の細粒分含有率増加量



(d) 2mm 粒径通過質量百分率増加量

図-5 加振による模型盛土崩壊実験における火山灰質土の破碎状況の観察結果

(4)降雨実験による盛土浸透挙動(鉄道総研):  
実験に使用した斜面模型の概要図を図-6に示す。実験土槽は幅1700mm、奥行400mmであり、この土槽内に斜面となる地盤を構築した。斜面模型の作成後に実験土槽を水平より26度(1:1.2勾配)に傾けることで斜面への降雨散水を模擬している。斜面模型の構築には(3)と同様に赤玉土を用いて  $\rho_d=0.54\text{g/cm}^3$  で締固めにより構築した。降雨散水は、土槽の上空に設置した散水装置により与え、降雨浸透の状況を見ながら実験開始から3時間は20mm/hの降雨強度を与え、その後40mm/hを2時間、80mm/hを1時間、90mm/hの降雨を1時間与えた。

実験終了時に、図-6の斜面地盤の上層および下層

の位置で試料を採取し、粒子破碎が生じないように45度で十分に乾燥を行った後に粒度試験を実施した。粒度試験の結果を図-7に示す。図中には、実験開始前の赤玉土の粒度分布も併せて示している。実験前後、および採取箇所に関わらず粒度分布はほぼ同様のものとなっており、粒子破碎は生じていないものと考えられる。本実験で設定した斜面傾斜角は26度である一方で、実験で使用した赤玉土の内部摩擦角は非排水三軸圧縮試験で得られた内部摩擦角は38.5度であり、本降雨散水実験では斜面の土要素にはある程度の初期せん断が作用していたものの、限界状態には到達しておらず粒子破碎は生じなかったものと考えられる。

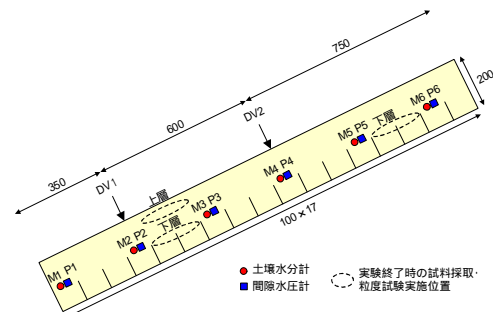


図-6 斜面模型の概要

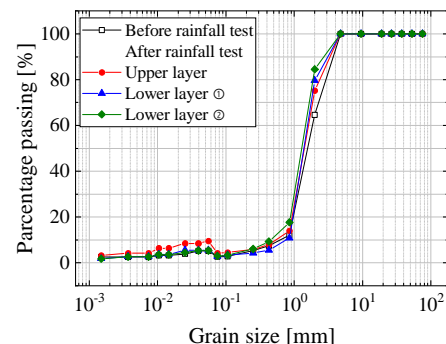


図-7 降雨散水実験前後の粒径加積曲線

以上、本研究で実施した各種検討手法により、火山灰質粗粒土の地震時あるいは、豪雨時の外的要因(外力、加水等)が加わった際の特異な力学挙動を把握でき、多くの知見を得ることができた。今後、得られた知見を防災や災害対策など実務分野に昇華できるようさらに検討を進める。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 渡邊 唯, 海野 寿康, 加村 晃良	4. 巻 77
2. 論文標題 砂質土における非排水繰返しせん断履歴後の透水係数の変化	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集 C(地圏工学)	6. 最初と最後の頁 386 ~ 391
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejge.77.4_386	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 渡邊唯, 海野寿康	4. 巻 1
2. 論文標題 埋立処分場内土砂の強制減容化工法と減容化土の液状化抵抗	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 第14回環境地盤工学シンポジウム発表論文集	6. 最初と最後の頁 433 ~ 438
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 松丸 貴樹, 海野 寿康, 緑川 雄介	4. 巻 77
2. 論文標題 2018年北海道胆振東部地震で被害を受けた火山灰質土の不飽和液状化試験の数値解析	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集A1 (構造・地震工学)	6. 最初と最後の頁 I_533 ~ I_543
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejseee.77.4_I_533	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 緑川 雄介, 海野 寿康, 加村 晃良, 仙頭 紀明, 風間 基樹	4. 巻 76
2. 論文標題 2018年北海道胆振東部地震で被害を受けた火山灰質土の物理特性および力学特性	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学)	6. 最初と最後の頁 I_741 ~ I_754
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejseee.76.4_I_741	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Toshiyasu Unno, Yusuke Midorikawa, Afifah Yasmin Binti Zakaria	4. 巻 -
2. 論文標題 Cyclic shear deformation behavior of unsaturated soil with varying pore air and water state	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 7th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering (VII ICEGE)	6. 最初と最後の頁 5410 ~ 5418
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Srinil, C., Kikumoto, M. and Komolvilas, V.	4. 巻 -
2. 論文標題 Simulation on liquefaction of unsaturated compacted soils - effect of compaction degree -	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 7th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering (VII ICEGE)	6. 最初と最後の頁 5095 ~ 5103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Y. KIYOHARA, M. KAZAMA	4. 巻 -
2. 論文標題 Evaluation of liquefaction/mudflow resistance of improved volcanic sandy ash soils focusing on dissipated energy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the 17th World Conference on Earthquake Engineering, 17WCEE, Sendai, Japan	6. 最初と最後の頁 1 ~ 8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 海野 寿康, 緑川 雄介	4. 巻 19
2. 論文標題 水分状態を変化させた不飽和土の繰返しせん断変形特性	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本地震工学会論文集	6. 最初と最後の頁 5_170 ~ 5_183
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5610/jaee.19.5_170	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 柳田 匡慶, 海野 寿康	4. 巻 19
2. 論文標題 低塑性細粒土の繰返しせん断履歴による体積圧縮挙動	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本地震工学会論文集	6. 最初と最後の頁 5_21 ~ 5_33
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5610/jaee.19.5_21	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 清原 雄康	4. 巻 15
2. 論文標題 三軸繰返し荷重作用時の砂や各種改良しらす土の挙動と基準化累積損失エネルギーによる評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 地盤工学ジャーナル	6. 最初と最後の頁 15 ~ 24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3208/jgs.15.15	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 海野寿康, 緑川雄介	4. 巻 -
2. 論文標題 水分状態を変化させた不飽和土の繰返しせん断変形特性	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 第15回日本地震工学シンポジウム講演論文集	6. 最初と最後の頁 2309 ~ 2318
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 泉谷聡志, 加村晃良, 金鍾官, 佐藤真吾, 風間基樹	4. 巻 -
2. 論文標題 2016年熊本地震で被害を受けた宅地地盤における火山灰質粘性土の地震時せん断挙動について	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 第15回日本地震工学シンポジウム講演論文集	6. 最初と最後の頁 2536 ~ 2545
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -



1. 著者名 柳田匡慶, 海野寿康	4. 巻 -
2. 論文標題 低塑性細粒土の繰返しせん断履歴による体積圧縮挙動	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 第15回日本地震工学シンポジウム講演論文集	6. 最初と最後の頁 2801-2810
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 清原 雄康	4. 巻 -
2. 論文標題 飽和田子しらすの単調および繰返しせん断挙動と浸透型薬液による改良効果	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 第61回地盤工学シンポジウム発表論文集	6. 最初と最後の頁 9-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計13件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 清原雄康, 長内 涼花
2. 発表標題 小型繰返し一面せん断試験装置を用いたしらす土粒子摩耗量の評価
3. 学会等名 第56回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 清原雄康, 赤坂綾斗
2. 発表標題 一軸圧縮試験によるしらす土粒子の圧縮強度と体積弾性係数の評価
3. 学会等名 第55回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 清原 雄康
2. 発表標題 基準化累積損失エネルギーによる砂や各種しらす土の繰返し挙動評価
3. 学会等名 エネルギーに基づく液化化予測手法に関するシンポジウム委員会活動報告書及びシンポジウム論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 清原 雄康, 三浦亮太
2. 発表標題 ベントナイト15%混合八戸しらす土のせん断強度特性
3. 学会等名 平成30年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 清原雄康, 風間基樹
2. 発表標題 不飽和硅砂 7号の非排気繰返しせん断挙動と累積損失エネルギー
3. 学会等名 第53回地盤工学研究発表会平成30年度発表講演集
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 齋藤日向子, 海野寿康, 吉直卓也
2. 発表標題 繰返しせん断に伴う火山灰質砂の粒子破碎に関する基礎的研究
3. 学会等名 第46回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 橋本拓海, 加村晃良, 株木宏明, 風間基樹
2. 発表標題 2018年北海道胆振東部地震で被害を受けた斜面に分布する火山灰質土の非排水せん断特性
3. 学会等名 平成30年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 粒来 真優子, 清原 雄康
2. 発表標題 低飽和度下における二戸しらすの繰返し挙動に及ぼす飽和度の影響
3. 学会等名 平成30年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松丸貴樹, 海野寿康, 緑川雄介
2. 発表標題 飽和状態で同一挙動を示す不飽和土の三軸試験の数値シミュレーション
3. 学会等名 土木学会第23回応用力学シンポジウム講演概要集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 端本 蓮, 清原雄康
2. 発表標題 水分特性曲線を利用した野外盛土の間隙径推測と劣化度評価
3. 学会等名 第54回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 緑川 雄介, 海野 寿康, 加村 晃良, 仙頭 紀明, 風間 基樹
2. 発表標題 2018年北海道胆振東部地震で被害を受けた火山灰質土の物理特性および力学特性
3. 学会等名 第39回地震工学研究発表会 (土木学会 地震工学委員会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 緑川雄介, 海野寿康, 吉直卓也, 加村晃良, 風間基樹, 仙頭紀明
2. 発表標題 被災地で採取した火山灰質土の物理特性及び力学特性の把握
3. 学会等名 第54回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 清原 雄康
2. 発表標題 降雨時・地震時における地盤の挙動と防災
3. 学会等名 1968年十勝沖地震50周年シンポジウム - 過去を見つめこれからを考える -
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	松丸 貴樹  (Matsumaru Takaki)  (00425927)	公益財団法人鉄道総合技術研究所・構造物技術研究部・主任 研究員   (82658)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	菊本 統  (Kikumoto Mamoru)  (90508342)	横浜国立大学・大学院都市イノベーション研究院・教授   (12701)	
研究分担者	風間 基樹  (Kazama Motoki)  (20261597)	東北大学・工学研究科・教授   (11301)	
研究分担者	清原 雄康  (Kiyohara Yuhkoh)  (20369911)	八戸工業高等専門学校・その他部局等・准教授   (51101)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	仙頭 紀明  (Sento Noriaki)  (40333835)	日本大学・工学部・教授   (32665)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
ニュージーランド	University of Auckland		
インドネシア	Lampung University		