

令和 2 年 6 月 17 日現在

機関番号：12101

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H02362

研究課題名(和文)大規模地震においてすら粘性土地盤は安全か? : 地震時地盤災害における粘性土の役割

研究課題名(英文)Is cohesive soil grounds stable even at the magnificent?

研究代表者

安原 一哉 (Yasuhara, Kazuya)

茨城大学・地球変動適応科学研究機関・特命研究員

研究者番号：20069826

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 29,760,000円

研究成果の概要(和文)：不明なところが多い粘性土の地震時の挙動を調査、実験、解析という多面的なツールを用いて明らかにすることにチャレンジした。まず、2016年熊本地震時の火山灰質粘性土基礎の変状には、基礎地盤の構成、基礎の傾斜や地下水位の位置の影響が大きいことを実証した。さらに、緩やかな傾斜であっても、初期せん断が地震時残留変形に及ぼす影響として重要であることを示した。地震後の沈下については、構造を有する粘性土地盤は構造の低位な粘性土地盤に比べて、地震後の沈下被害が深刻化するとともに、長期化する可能性を示した。これらの変状の対応策として、プレローディングと矢板打設を併用することの有効性を実測と解析によって実証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、地震時においては、砂質土地盤だけではなく、粘性土地盤においても注意を払う必要があることを指摘している。特に、構造物下や傾斜地盤においては、地震時変状が顕著に表れることは、初期せん断の考慮が重要であることを示している。このことは地震動力学上の重要な知見である。粘性土地盤に対しては、常時の変状のために行っている事前対応を丁寧に施すことが地震後の変状を低減することを事例研究から示唆した。研究全体を通じては、2016年熊本地震における宅地被害に見られるように、“粘性土は地震時には安全である”というのは、“神話”であり、この神話を信じる限り、“想定外”はなくなるといふ教訓を得た。

研究成果の概要(英文)：Clarification of cohesive soil behavior during and after earthquakes was achieved through field investigation, laboratory experiments, and numerical analysis, with special emphasis on earthquake-induced residual deformation, instability and post-earthquake settlements. Instability of residential foundations is accelerated by rising groundwater levels and by the increasing gradient of foundations. Even for gently sloping foundations, the importance of initial shear stress was emphasized when evaluating the severity of residual deformation of residences during earthquakes. In relation to the post-earthquake settlement, highly structured cohesive soils induce marked settlement and also prolong settlement. Results of field observations and numerical analyses proved that the combined technique of a partial embankment removal with sheet pile installation between embankments and residences was effective as a countermeasure against the instability of embankments caused by earthquakes.

研究分野：地盤工学

キーワード：地震地盤災害 熊本地震 住宅基礎 火山灰質土 地下水位 傾斜地 締固め

1. 研究開始当初の背景:

大規模地震における地盤災害では、砂質土地盤や盛土の液状化によるインフラ施設や建物構造物の被害に注目が寄せられる中で、粘性土は非液状化材料として大規模地震においても大きな問題はないという判断がなされているが、地震時における地震動増幅、支持力低下や長期にわたる変形・圧密沈下への影響は、つとに認められており、液状化にも影響する可能性がある。加えて、埋立て地などの液状化を起こした砂には細粒分を多く含むことが指摘されており、若齢の埋立て地では粘性土を含む砂でも液状化が懸念されている。社会基盤施設や住宅など建物構造物においては粘性土の変状に伴って地震後に機能障害をもたらすことがある。2011年の東日本大震災における造成宅地の大きなダメージはその典型である。このような災害においても砂中に含まれる粘土や砂地盤の下部に存在する粘性土の存在が地震動にどのように影響するか、また、液状化や変状の引き金になっていないのか、などの疑問は払拭されていない。

2. 研究の目的

現状の地盤工学には、“大規模地震時においてすら、粘性土は安全である”という神話がある。本研究はその神話にチャレンジし、以下の疑問に答えることによって、砂質土に比べて体系化が遅れている粘性土の動力学分野の学術と技術の一層の進展を目指した。:(1)地震時における災害に粘性土はポジティブに作用するのか、ネガティブに作用するのか?(2)ネガティブな不安定事象(細粒分を多く含む砂の液状化、沈下、変形、破壊)に関与するのなら、どのような微視的・巨視的メカニズムで、また、地形・地質的特徴はどのように関わるのか?(3)不安定事象の具体的な予測&評価はどうすればよいか?(4)上記を考慮した対策は必要か?必要ならどのような方法か?地震前の軟弱地盤対策や液状化対策に含まれるのか?

3. 研究の方法

最近の大規模地震(2007年新潟中越地震,2011年東北地方太平洋沖地震,2016年熊本地震,2018年北海道東部胆振地震)の調査結果から適された粘性土に係る課題として,(i)地震動増幅に及ぼす粘性土の影響,(ii)地震時残留変形のメカニズム,(iii)地震後の沈下,(iv)地震時残留変形と地震後沈下の対応策を取り上げ,(i)現地調査による解決すべき課題の抽出,(ii)室内要素試験と数値解析によるメカニズムの解明,(iii)室内模型実験(遠心載荷試験)による地震動増幅の影響の検証,(iv)現地計測による対策法の効果の確認を行った。

4. 研究成果

(1) 変状への影響要因

1) 堆積構造の影響:平成28年熊本地震における益城町で生じた宅地擁壁被害について、コンクリート系擁壁の被災状況に着目し、当該地域の地盤構造と対比させた結果、火山灰質粘性土、特に、赤ボクが堆積する地盤において、危険と判定する割合が大きくなる傾向にあることを示した。

2) 地形の影響:柏崎平野では2007年の新潟県中越沖地震以降に顕著な地盤沈下が計測された。海岸線に広がる砂丘背面には三角州や谷底平野の軟弱地盤が分布し、厚い粘土層が堆積する。層別沈下計による計測から粘性土地盤が地震後に顕著な地盤沈下を生じたことを明らかにするとともに、標準測量による広域地盤計測結果を基に即時沈下量と長期沈下量を解析して、地形との関連について調査した。その結果、即時沈下量は砂丘で大きい、地形分類によらずに広域に観測された。即時沈下が砂質土で生じることから、三角州や谷底平野の粘性土が優勢

な地形区分で即時沈下が生じるのは、観測地点の地震時における変位のほかに、市街化地域では砂質系材料を用いた基礎地盤の盛土の影響が考えられる。一方、長期沈下量は三角州で大きく、谷底平野で小さいことが明らかになった。砂丘背面の三角州や谷底平野では軟弱な粘性土が深度 50m まで堆積しており、震源からの距離に大きな差異のないことから地震後の長期沈下量に差異のあるのは、粘性土の圧縮特性に原因があると考えられる。地形分類ではなく、海成粘土の層厚と長期沈下量の相関を調べると高い相関関係があることを確認し、長期沈下量に海成粘土の分布が関連することを明らかにした。

3) 地震動増幅の影響：非排水繰返し三軸試験により繰返しせん断特性を把握した、構造を有する飽和粘性土を用いて、粘性土地盤の地震波増幅作用を評価するための遠心模型実験を実施した。さらに、粘性土地盤が表層の液状化層の地震応答に与える影響についても遠心模型実験を用いて検討した。その結果、構造を有する粘性土は、初期剛性が高く液状化強度も大きくなるが、ある閾値以上の大きなせん断応力履歴が加わると、せん断ひずみが急激に進展する脆的な挙動を示すことが分かった。特に、その傾向は過剰間隙水圧の発生挙動において顕著であり、繰返しせん断による構造の低位化が主たる原因と考えられる。このような沈下は、粘性土地盤は砂質地盤と比較して透水係数が小さいため、繰返しせん断後の再圧密過程において圧密排水が収束するまでに長時間を要する。一方、粘性土層での過剰間隙水圧の上昇等に伴う地盤の剛性の低下は、その直上の砂質地盤の液状化進展を促進させる恐れがあることが明らかになった。以上の結果より、構造を有する粘性土地盤は構造の低位な粘性土地盤に比べて、地震後の沈下被害が深刻化するとともに、長期化する可能性が示された。また、粘性土層が直上の砂質地盤の液状化挙動に影響を及ぼし、より液状化被害を甚大化する可能性が示された。

続いて、地質不整形地盤が地震時や地震後挙動に及ぼす影響を明らかにすることを目的として、仮想地盤や、実際の被害事例を基にした模型実験を対象に、土水連成動的弾塑性 FEM 数値解析を行い、地盤の地震時および地震後挙動への影響を評価した。その結果、浅い表層地盤における不整形地盤であっても 2 次元的な影響を引き起こし、地層傾斜近辺では相対的に大きな応答加速度増幅が発生し、不同沈下量が大きいことなど、浅い不整形地盤（地層傾斜）上の地震時・地震後の建物被害拡大への影響が示唆された。

(2) 不安定性

1) 粘性土斜面の地震時残留変形：本研究がスタートした直後の 2016 年 5 月に熊本地震による益城町での傾斜地盤上の住宅と擁壁の壊滅的な被害が生じた。研究代表者は、この現象を解明するため、基礎地盤の構成、地下水位そして基礎地盤の傾斜が地震時不安定性に及ぼす影響を調べた。ここにおける不安定性とは、残留変形によってもたらされる、沈下、側方変位と家屋の傾斜角から規定するものである。

益城町における宅地はやや傾斜（平均的に 7% くらい）しているために、住宅の被災に関連して地盤工学上の基礎的で重要な課題のひとつとして、初期せん断の影響が考えられる。これに関して、風間は、不攪乱火山灰質粘性土に対して中空ねじりせん断試験を用いて初期せん断の影響を検討した結果、基礎地盤の地震時変状に深くかかわっていることを指摘している。一方、この初期せん断に関連して、村上（福岡大学）は、擁壁直下地盤の弾性応力解析により得られた初期せん断が大きく生じている深度に着目し、土質と被害状況を比較した結果、擁壁被害に与えた基礎地盤の不安定化による影響が大きい土質は、赤ボクと呼ばれる火山灰質粘性土であったこと

を示した。

上記のような不攪乱粘性土の力学挙動は、骨格構造の違いの影響を受けると考えられる。風間は、このことを明らかにするために、間隙の大きな乱さない粘土と練り返した間隙の小さな粘土に対して2011年東北地方太平洋沖地震相当の繰返しせん断ひずみを与える中空ねじり試験を行った。その結果、間隙比の大きな構造の発達した乱さない自然堆積粘土の方が、液性限界の2倍程度で練り返した後、正規圧密した間隙の小さい粘土よりも、せん断剛性が小さく、過剰間隙水圧の発生量も大きくなることを明らかにした。

同様のことは、磯部による遠心載荷試験によっても検討されており、構造を有する粘性土地盤は構造の低位な粘性土地盤に比べて、地震後の沈下被害が深刻化するとともに、長期化する可能性を示した。

2016年熊本地震時の住宅地の被害の一因は、住宅基礎地盤と盛土を構成する火山灰質粘性土にあるのではないかという前提の下に、Newmark-D法による地震時残留変形解析を行った。その結果、盛土底面ですべりが起こる場合もその下の凝灰質火山灰質粘性土地盤下で起きる場合もどちらも地震時の強度定数の低下によって変形が顕著になり、住宅の損傷に影響を与えることが分かった。特に、熊本市は地下水がリッチなため、地下水位の影響を検討したところ、住宅の損傷を避けるためには、盛土底部を構成する凝灰質火山灰質粘性土層底部以下まで地下水位を下げる必要があることを指摘した。

2) 不安定性とその後の沈下：河川堤防などの盛土直下の粘性土では、卓越した上載荷重の作用による異方応力状態に置かれていることから、地震時ならびに地震後に通常の水平地盤と異なる不安定性を呈すると考えられる。その現象を実験的に示し、不安定化に伴う変形を予測するために、自然堆積沖積粘性土を用いて、各種異方応力条件下での繰返し単純せん断試験を実施した。この結果、圧密降伏応力を超えた正規圧密領域において、粘性土の骨格構造を十分に破壊する程度のせん断ひずみ（本研究では1%程度）を繰返し与えることによって、繰返し載荷後の排水によって、再構成練り返し粘性土試料の正規圧密曲線付近まで間隙比が低下することが示された。このことより、大地震等で骨格構造が大きく消失した粘性土の最大圧密沈下量は、再構成粘土の圧密特性からある程度予測可能であることを指摘した。この部分は、不安定性とその後の沈下にかかわる成果である。

3) 粘性土地盤を不安定にさせる要因の一つに地震動の増幅がある。磯部は、遠心載荷模型実験によって、粘性土と砂質土の互層地盤の場合、地震動の増幅に伴って粘性土層が直上の砂質土地盤の液状化挙動に影響を及ぼし、より液状化被害を甚大化する可能性を示している。

地震時の地盤とその上に立つ構造物の被災は液状化による、と結論づけられる例が多い。しかし、必ずしもそうではない事例が、1985年ミチオカン地震（メキシコ）（Mendoza, 1986, 1988年サグエネイ地震（カナダ）, Lefebvre, et al., 1993）、1999年コジャエリ地震（トルコ）, Kanatani et al., 2003）など、アラスカ地震や熊本地震以外にも少なからずあることから、過去の地震メカニズムを改めて再考し、真の意味の地盤動力学の進展、ならびに、それに基づく新たな耐震技術の展開に向けて、正しい方向性を見極める局面に来ている。

(3) 地震後沈下

1) メカニズム：地震後の粘性土の沈下の事例は、過去にもいくつか紹介されているが、村上是平成23年東北地方太平洋沖地震地震により、常総市（茨城県）における地盤沈下が加速したことを実測データで示した。また、当該地区における地盤沈下は、地下水揚水による沈下、地震による沈下、地殻変動による沈下の総和として表されると仮定し、地下水揚水による沈下は継続し

て生じるが、地震後の粘土層の圧縮による沈下の大きさは無視できない 5~10cm 程度の大きさであることを示した。その影響は常総市では地震による地盤沈下は地震から 5 年程度まで続くことを示した。

2) 地震後の粘性土の沈下予測：

予測法：粘土層の地震後沈下を求めるにあたっては、まず地震時に蓄積する過剰間隙水圧を推定する必要があることから、地震時の繰返しせん断の方向性を考慮した推定法を適用した。この方法は、粘土の塑性指数から求まる係数をもとに過剰間隙水圧を推定するものである。過剰間隙水圧が求まると、応力減少比と塑性指数から推定される動的圧縮指数を用いて沈下ひずみが求まる。

この研究では、この手法の適用性を検証することを目的として、石巻市の河川堤防の GL-18m において採取した不攪乱粘土試料について、多軸単純せん断試験装置を用いて東北地方太平洋沖地震時の加速度記録から得られるランダムな繰返しせん断ひずみ波を供試体に与え、繰返しせん断後の沈下量の時間変化の測定を行った。その結果、一様振幅波および不規則な繰返しせん断ひずみ波が不攪乱供試体の e -log p 関係に及ぼす影響を実験的に見出した。また、地震が粘土層の二次圧密沈下に影響を及ぼすことを明らかにした。

地震時及び地震後の粘性土地盤の沈下は基礎地盤と構造物の不安定性の要因になる。とりわけ、建物構造物の場合は不等沈下とともに長期沈下の予測が重要である。不攪乱粘性土に対して多方向単純せん断試験によってこのことを検討した松田は、地震時の大きなせん断ひずみ振幅を受けたものほど、二次圧密沈下が大きくなることを示した。

長期沈下：一方、大塚は、2007年の新潟県中越沖地震以降の柏崎平野では長期沈下量は三角州で大きく、谷底平野で小さいことを明らかにしている。砂丘背面の三角州や谷底平野では軟弱な粘性土が深度50mまで堆積しており、震源からの距離に大きな差異のないことから地震後の長期沈下量に差異のあるのは、地形的な要因ではなく、粘性土の圧縮特性に原因があると考えられる。海成粘土の層厚と長期沈下量の相関を調べると高い相関関係が確認でき、長期沈下量に海成粘土の分布が関連することを明らかにした。

仙頭もいわき市（福島県）における東北地方太平洋沖地震後の長期沈下は正規圧密状態のシルト層が主な原因であるであることを指摘している。

安定性との関係：(2)における成果と重複するが、小高は、堤防下の粘性土地盤は、地震時ならびに地震後に通常の水平地盤と異なる不安定性を呈すると考え、その現象を実験的に確かめた。そのために、自然堆積沖積粘性土を用いて、各種異方応力条件下での繰返し単純せん断試験を実施した。その結果、圧密降伏応力を超えた正規圧密領域において、粘性土の骨格構造を十分に破壊する程度の繰返しせん断ひずみを与えることによって、繰返し載荷後の排水によって、再構成繰り返し粘性土試料の正規圧密曲線付近まで間隙比が低下することを示した。

(4) 対応策

軟弱な粘性土地盤上に構築された河川堤防が大規模な地震によって変状を起こし、併せてそれが周辺の家屋に影響した事例に注目して、地震時及び地震後の粘性土の挙動を予測するために提案した解析手法（動的解析コード ALID と静的解析コード DACSAR の融合）を適用し、その解析手法と対策工（堤防の一部撤去、矢板打設、堤防の復元）の妥当性を検証した。その結果、対策工は堤防基礎地盤の側方変位と家屋の変状低減に対しては有効であることが認められたが、河川堤防の沈下の低減には、有効でない箇所があるので、今後はこの原因も含めて現象の解明が必要であることを指摘した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 17件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 安原一哉, 渡邊大樹, 小林 薫, 荒井靖仁, 佐藤恭兵, 兵動正幸, 馬場敏和	4. 巻 15(2)
2. 論文標題 火山灰質粘性土の地震時繰返し軟化に基づく住宅基礎地盤の変状の考察	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 225-239
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.3208/jgs.15.225	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 第19巻, 6号 (特集号)
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挙動に及ぼす初期せん断ならびに地震動履歴の影響	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 1-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) /doi.org/10.5610/jaee.19.6_1	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 Quang N. Pham, Satoru Ohtsuka, Koichi Isobe and Yutaka Fukumoto	4. 巻 59/5
2. 論文標題 Group effect on ultimate lateral resistance of piles against uniform ground movement	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Soils and Foundations	6. 最初と最後の頁 27-40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.sandf.2018.08.013	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 K. Yasuhara, H. Watanabe, K. Kobayashi, M. Yoshimi, Y. Arai, T. Hosoya, S. Tajiri, and S. Murakami	4. 巻 19/3
2. 論文標題 Instability of residences founded on volcanic cohesive soils during the 2016 Kumamoto Earthquake	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Lowland Technology International	6. 最初と最後の頁 205-216
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 Yasuhara, K., Yang, S.S., Horikawa, T. and Yamane, H.	4. 巻 40/2
2. 論文標題 Settlement of River Dykes and their Adjacent Residences on Soft Clay Deposits after the Tohoku-Pacific Ocean Earthquake in 2011	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Geotechnical Eng. Journal of the SEAGS & AGSSEA	6. 最初と最後の頁 41-48
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 門前史孝, 磯部公一, 江川拓也	4. 巻 第59号
2. 論文標題 複雑な地盤堆積環境における火山灰質土の液状化挙動に関する数値解析	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 地盤工学会北海道支部技術報告集	6. 最初と最後の頁 137-144
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 Quang N. Pham, Satoru Ohtsuka, Koichi Isobe and Yutaka Fukumoto	4. 巻 5/16
2. 論文標題 Ultimate lateral resistance of piles group in clayey soils against various directions of ground movement	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of first Vietnam Symposium on Advances in Offshore Engineering	6. 最初と最後の頁 408-414
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-13-2306-5_57	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 Kazuhiro Kaneda, Masamichi Aoki, Tomohiro Tanikawa and Satoru Ohtsuka	4. 巻 30
2. 論文標題 Ultimate bearing capacity of footing under squeeze breakdown using rigid-plastic finite element method	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal on Geotechnique, Construction Materials and Environment	6. 最初と最後の頁 in print
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 Hidemasa Sato, Tran Thanh Nhan, Hiroshi Matsuda	4. 巻 Vol.104
2. 論文標題 Earthquake-induced settlement of a clay layer	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Soil Dynamics and Earthquake Engineering	6. 最初と最後の頁 pp.418-431
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.soildyn.2017.11.006	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 K. Yasuhara, H. Watanabe, K. Kobayashi, M. Yoshimi, Y. Arai, S. Hosoya, M., S. Tajiri,, and S.Murakami:	4. 巻 19(3)
2. 論文標題 Instability of residences founded on volcanic cohesive soils during the 2016 Kumamoto Earthquake	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Lowland Technology International Journal	6. 最初と最後の頁 215-226
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 オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Surangani Bandara and Satoru Ohtsuka	4. 巻 Vol.14, No.6
2. 論文標題 Analysis of wide area landslides induced by 2004 Mid Niigata prefecture earthquake in Japan	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Landslides	6. 最初と最後の頁 1877-1886
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1007/s10346-017-0819-6	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 Yutaka Fukumoto , Satoru Ohtsuka	4. 巻 Vol.48, No.4,
2. 論文標題 Comparison of sheared granular soils: Same void ratio but considerably different fabric	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA	6. 最初と最後の頁 pp.32-39
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 水野和憲, 前田宗春, 大塚悟, 小林俊一	4. 巻 Vol.73, No.2
2. 論文標題 擁壁の地震時主働土圧に関する解析的考察	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 土木学会論文集A2 (応用力学)	6. 最初と最後の頁 I_313-I_320
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2208/jscejam.73.I_313	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 Tran T. Nhan and Hiroshi Matsuda	4. 巻 -
2. 論文標題 Post-Cyclic Recompression of Clays Subjected to Undrained Cyclic Shear	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Geotechnical Frontiers 2017: Seismic Performance and Liquefaction, ASCE, Geotechnical Frontiers 2017: Seismic Performance and Liquefaction, ASCE, pp.109-120, March 30, 2017	6. 最初と最後の頁 109-120
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1061/9780784480489.012	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 Tran Thanh Nhan, Hiroshi Matsuda, Hidemasa Sato	4. 巻 Vol.15, No.7
2. 論文標題 A model for multi-directional cyclic shear-induced pore water pressure and settlement on clays	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Bulletin of Earthquake Engineering	6. 最初と最後の頁 pp.2761-2784
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10518-017-0086-x	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 畑中佑太, 磯部公一	4. 巻 57
2. 論文標題 粘性土地盤の地震波増幅作用に関する遠心模型実験	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 地盤工学会北海道支部技術報告集	6. 最初と最後の頁 263 - 272
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 大塚悟, 金子俊哉, 高橋浩之, 西達也	4. 巻 44
2. 論文標題 新潟地方における特色ある地域地盤の特性例と調査・設計・施工上の問題点	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 基礎工	6. 最初と最後の頁 30-35
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62件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 22件)

1. 発表者名 Isobe, K. Hatanaka, Y. and Tomisawa, K.
2. 発表標題 Centrifuge model tests on long-term consolidation of clay ground after earthquakes and negative impact against seismic behavior of upper liquefiable sand caused by clay ground
3. 学会等名 Proceedings of the 16th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Taipei, Taiwan (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Izumiya, A. Kamura, M. Kazama & J. Kim
2. 発表標題 Seismic behavior of clayey volcanic soil in residential area damaged by the 2016 Kumamoto earthquake in Japan
3. 学会等名 7th Earthquake Geotechnical Engineering for Protection and Development of Environment and Constructions, Silvestri & Moraci (Eds), Rome, Italy, pp. 3094-3101 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 仙頭紀明, 関根優介
2. 発表標題 様々な圧密履歴と非排水繰返しせん断履歴を受けた粘性土の沈下量
3. 学会等名 第54回地盤工学研究発表会, pp.1633-1634, ソニックシティ (さいたま市)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久保裕一, 小高猛司, 李圭太, 田中貴之
2. 発表標題 圧密降伏応力超過条件下での自然堆積粘性土の繰返しせん断による圧縮特性
3. 学会等名 第74回土木学会年次学術講演会, 高松, -305, CD-ROM.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Satoru Ohtsuka, Koichi Isobe and Yutaka Fukumoto
2. 発表標題 Analysis for wide-area land subsidence of Kashiwazaki Plain due to the 2007 Niigata-ken Chuetsu-Oki earthquake
3. 学会等名 7th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, 4195-4201. (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yasuhara, K., Watanabe, M., Kobayashi, K., Arai, Y. and and Sato, K.
2. 発表標題 Post-cyclic degradation in volcanic ash cohesive soils related to devastating residential damage during and after the 2016 Kumamoto earthquake
3. 学会等名 Proc. 16th Asian Regional Conf. on Soil Mechanics & Foundation Eng., Oct. 14-18, Taipei, Taiwan, ATC3-9 (CD ROM). (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yasuhara K, Watanabe M, Kobayashi K, Arai Y, and Hyodo M.
2. 発表標題 Cyclic degradation of volcanic ash cohesive soil strength and stiffness
3. 学会等名 Proc. Seventh International Conf. Earthquake Geotechnical Eng., Rome, Italy, 5746-5753, ISBN 978-0-387-14328-2. (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安原一哉, 鹿住大輔, 小林 薫, 馬場敏和, 兵動正幸
2. 発表標題 火山灰質粘性土地盤の地震時残留変形解析に基づく住宅被害の検証
3. 学会等名 第54回地盤工学研究発表会講演集, E-8, No. 0958, pp. pp. 1915-1916, 埼玉.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroshi Matsuda, Tran Thanh Nhan, Hidemasa Sato and Hoang Thi Sinh Huong
2. 発表標題 Effects of earthquake on the secondary consolidation of saturated clay
3. 学会等名 Geotechnics for Sustainable Infrastructure Development - Geotec Hanoi, pp.1411-1417 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nomiya, H., Murakami, S.
2. 発表標題 Spatial Distribution of Volcanic Ash Soil Layers by Cokriging Interpolation Method in Mashiki Town, Kumamoto
3. 学会等名 Proceeding of the 4th International Conference on Geotechnics for Sustainable Infrastructure Development, pp.1081-1085. (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yasuhara, K., Yang, X. S., Horikawa, T., and Yamane, H.
2. 発表標題 Reactive Measure Effects on River Dyke Instability and Adjacent Residences on Soft Clay Deposits after the Tohoku-Pacific Ocean Earthquake of 2011
3. 学会等名 1st International Conf. on Press-in Engineering (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 Quang NPham, Satoru Ohtsuka, Koichi Isobe and Yutaka Fukumoto
2 . 発表標題 Ultimate lateral resistance of piles group in clayey soils against various directions of ground movement
3 . 学会等名 First Vietnam Symposium on Advances in Offshore Engineering (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Hatanaka, Y. and Isobe, K.
2 . 発表標題 Seismic amplification of clay ground and long-term consolidation after earthquake
3 . 学会等名 Proceedings of the 9th International Conference on Physical Modelling in Geotechnics (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Matsuda, TT. Nhan, H. Sato and H. Hara
2 . 発表標題 Multi-directional Cyclic Shear Induced Pore Pressure and Settlement of Undisturbed Clay
3 . 学会等名 Proc. Eleventh U.S. National Conference on Earthquake Engineering (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 TT. Nhan, H. Sato, H. Matsuda, H.T.S. Huong, Q. Thien and T. N. Tin
2 . 発表標題 Effects of Multi-directional Cyclic Shear on the Secondary Consolidation of Saturated Clay
3 . 学会等名 Eleventh U.S. National Conference on Earthquake Engineering (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 Tran Thanh Nhan, Hiroshi Matsuda, Hoang Thi Sinh Huong, Hidemasa Sato, Do Quang Thien, Duong Phuoc Huy, Nguyen Van Thien, Lai Phuoc Thanh Hoai, Vo Thanh Men, Tran Thi Anh Dai and Nhu Viet Ha
2. 発表標題 Effects of undrained cyclic shear and Atterberg's Limits on the secondary consolidation of soft soils
3. 学会等名 4th International Conference, VIETGEO 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nomiya,H., Murakami,S. , Hirata,R..
2. 発表標題 Spatial Distribution of Volcanic Ash Soil Layers in Mashiki Town, Kumamoto
3. 学会等名 International Symposium on Lowland Technology (ISLT 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安原一哉, 渡邊大樹, 小林 薫, 鹿住大輔, 兵動正幸, 馬場敏和
2. 発表標題 火山灰質粘性土の繰返し劣化に基づく住宅基礎地盤の地震時変状の考察
3. 学会等名 第61回地盤工学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安原一哉, 渡邊大樹, 小林 薫, 鹿住大輔, 兵動正幸, 馬場敏和
2. 発表標題 火山灰質粘性土の繰返し劣化に基づく住宅基礎地盤の地震時不安定性評価
3. 学会等名 第15回日本地震工学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 泉谷聡志, 加村晃良, 金鍾官, 佐藤真吾, 風間基樹
2. 発表標題 2016年熊本地震で被害を受けた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
3. 学会等名 第15回日本地震工学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安原一哉, 小浪岳治, 種市敬一, 窪田達郎, 塚本英樹
2. 発表標題 2度にわたる大規模地震でも完全崩壊しなかったEPS 盛土: 熊本地震被災事例からの教訓
3. 学会等名 第33回ジオシンセティックスシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安原一哉, 渡邊大樹, 小林 薫, 吉見雅行, 荒井靖仁, 掛川智仁, 佐藤恭兵, 新垣 芳一
2. 発表標題 繰返し荷重を受けた火山灰質粘性土の強度と剛性の劣化とその評価
3. 学会等名 第53回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤真吾, 松下一樹, 風間基樹, 泉谷聡志, 坂本忠一, 箱嶋 斉
2. 発表標題 2016年熊本地震における益城町の滑動崩落について
3. 学会等名 第53回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤秀政, Tran Thanh Nhan, 原 弘行, 松田 博
2. 発表標題 粘土の繰返しせん断後沈下に及ぼす攪乱の影響について
3. 学会等名 第53回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Quang N. Pham, Satoru Ohtsuka, Yutaka Fukumoto and Koichi Isobe
2. 発表標題 Group effect on ultimate lateral resistance of piles against uniform ground movement
3. 学会等名 地盤工学会第53回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安原一哉, 小林 薫, 渡邊大樹, 荒井靖仁, 佐藤恭兵, 兵動正幸, 小川正宏, 馬場敏和
2. 発表標題 繰返し荷重を受けた火山灰性粘性土の強度と剛性の劣化特性
3. 学会等名 第73回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 仙頭紀明, 鈴木雄大
2. 発表標題 地震を受けた軟弱粘性土地盤の沈下挙動に関する研究
3. 学会等名 土木学会第73回年次学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野見山陽, 村上哲, 樫原弘貴
2. 発表標題 Cokriging法による益城町における火山灰質土地盤の層構造の空間分布推定
3. 学会等名 土木学会第73回年次学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 兵動正幸, 坂口勇人, 小川正宏, 渡邊学歩
2. 発表標題 粒度の異なる砂と粘土の混合土の非排水繰返しせん断特性
3. 学会等名 土木学会第73回年次学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安原一哉, 鹿住大輔, 渡邊大樹, 小林 薫
2. 発表標題 粘性土の繰返し軟化を関連づける損傷パラメータ：過剰間隙水圧か？両振幅ひずみか？
3. 学会等名 第16回地盤工学会関東支部研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安原一哉
2. 発表標題 火山灰質粘性土の繰返し軟化
3. 学会等名 土木学会西部支部研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松嶋和希, 村上 哲, 櫛原弘貴, 野見山 陽
2. 発表標題 平成28年熊本地震による益城町火山灰質粘性土地盤での宅地擁壁被害の特徴
3. 学会等名 土木学会西部支部研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野見山 陽, 村上 哲, 櫛原弘貴
2. 発表標題 益城町火山灰質土地盤の黒ボク、赤ボク、灰土の層厚分布の推定
3. 学会等名 土木学会西部支部研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 関根優介, 仙頭紀明
2. 発表標題 過圧密比が異なる粘性土における非排水繰返しせん断後の沈下量評価
3. 学会等名 土木学会東北支部技術研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小高猛司, 李 圭太, 久保裕一, 石原雅規, 中山雄人
2. 発表標題 細粒分が卓越した疑似粘性土堤防の強度評価の注意点
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 久保裕一, 小高猛司, 李 圭太, 田中貴之
2. 発表標題 正規圧密自然堆積粘土の繰返しせん断による沈下に及ぼす構造の影響
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 K. Yasuhara, M. Watanabe, K. Kobayashi, Y. Arai, and M. Hyodo
2. 発表標題 Cyclic degradation of volcanic ash cohesive soil
3. 学会等名 7th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazama, J. Kim and S. Sato
2. 発表標題 Seismic shear behavior of clayey volcanic soil in residential area damaged by the 2016 Kumamoto earthquakes in Japan
3. 学会等名 7th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Satoru Ohtsuka, Koichi Isobe and Yutaka Fukumoto
2. 発表標題 Analysis for wide-area land subsidence of Kashiwazaki Plain due to the 2007 Niigata-ken Chuetsu-Okai earthquake
3. 学会等名 7th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 畑中佑太, 磯部公一
2. 発表標題 遠心模型実験による粘性土地盤の地震波応答特性の検証
3. 学会等名 第52回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 磯部公一, 西井優, 畑中佑太, 門前史孝
2. 発表標題 振動台模型実験による種々の地盤のせん断剛性のひずみ依存性と過剰間隙水圧の影響評価
3. 学会等名 第58回地盤工学会北海道支部技術報告集
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 畑中佑太, 磯部公一, 鬼村果穂
2. 発表標題 粘性土地盤が直上砂地盤の地震時挙動に及ぼす影響
3. 学会等名 第58回地盤工学会北海道支部技術報告集
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 泉谷聡志, 風間基樹, 河井正, 金鍾官
2. 発表標題 東北地方太平洋沖地震の地震せん断履歴を用いた乱さない海成粘土の圧密・せん断挙動について
3. 学会等名 第52回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 HO SY QUOC, 大塚 悟, 長谷川拓也
2. 発表標題 柏崎平野の地震後地盤沈下に関する地形・地質調査
3. 学会等名 土木学会関東支部新潟会研究調査発表会論文集, Vol.35
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 安原一哉、田尻雅則
2. 発表標題 熊本地震における火山灰性粘性土基礎地盤の支持力低下と擁壁土圧増加に関する考察
3. 学会等名 土木学会西部支部研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hatanaka, Y. and Isobe, K.
2. 発表標題 Seismic amplification of clay ground and long-term consolidation after earthquake
3. 学会等名 9th International Conference on Physical Modelling in Geotechnics 2018, City University of London (London) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yasuhara, K., Yang, X. S., Horikawa, T. and Yamane, H.
2. 発表標題 Settlement of river dykes and their adjacent residences on soft clay deposits, after the Tohoku-Pacific Ocean Earthquake in 2011
3. 学会等名 SEAGS 50th Anniversary Symposium Proceedings: (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 安原一哉、渡邊大樹、田尻雅則、村上 哲、吉見雅行、荒井靖仁
2. 発表標題 熊本地震時の益城町における住宅と擁壁の変状に関する考察
3. 学会等名 2017年地震工学研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 安原一哉、渡邊大樹、小林 薫、吉見雅行、荒井靖仁
2. 発表標題 熊本地震における家屋被害に関わったと思われる火山灰性粘性土の動的変形特性
3. 学会等名 第73回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 安原一哉、楊 雪松、堀川太郎、山根秀嗣
2. 発表標題 地震時における粘性土地盤上の河川堤防の変状低減に対する対策工の効果
3. 学会等名 第52 回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 渡邊大樹、安原一哉、小林 薫、吉見雅行、荒井靖仁、村上 哲
2. 発表標題 地震時における火山灰性粘性土上の小規模建築物の不安定性の簡易予測
3. 学会等名 第52回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤秀政, Tran Thanh Nhan, 松田 博
2. 発表標題 多方向繰返しせん断を受けた粘性土の圧密係数について
3. 学会等名 第52回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤 秀政, Tran Thanh Nhan, 稗田 拓郎, 松田 博
2. 発表標題 多方向繰返しせん断後の不攪乱粘土の再圧密特性について
3. 学会等名 土木学会第72回年次学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 野見山陽, 村上哲, 櫛原弘貴
2. 発表標題 益城町における火山灰質土地盤の層構造の空間分布推定
3. 学会等名 平成29年度土木学会西部支部研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西間友洸, 畑中佑太, 磯部公一
2. 発表標題 遠心模型実験を用いた高位構造粘土地盤の地震後圧密沈下挙動の解明
3. 学会等名 土木学会第71回年次学術講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 坂口, 兵動, 東, 中田, 吉本
2. 発表標題 砂・粘土混合土の非排水繰返しせん断特性に及ぼす粘土含水比の影響
3. 学会等名 第68回土木学会中国支部研究発表概要集
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 西達也, 佐藤豊, 大塚悟
2. 発表標題 柏崎平野の地震後地盤沈下挙動の分析
3. 学会等名 日本応用地質学会北陸支部平成28年度研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tran Thanh Nhan and Hiroshi Matsuda
2. 発表標題 A development of pore water pressure model for multi-directional cyclic shearing on normally consolidated clays..
3. 学会等名 69th Annual Canadian Geotechnical Conference (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 H. Matsuda, T. T. Nhan, H. Sato
2. 発表標題 Effects of cyclic shear direction on earthquake-induced pore water pressure and settlement of clay layer
3. 学会等名 16th World Conference on Earthquake Engineering (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yasuhara, K., Yoshimi, M., Hosoya, T., Arai, Y., and Murakami, S.
2. 発表標題 Instability of residences on volcanic ash cohesive soils during the 2016, Kumamoto Earthquake
3. 学会等名 Proceedings of the International Workshop on the 2016 Kumamoto Earthquake. (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高本泰規, 村上 哲, 櫛原弘貴
2. 発表標題 常総市における地盤沈下に与えた地震の影響について
3. 学会等名 平成28年度土木学会西部支部研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 寺田 陽, 村上 哲, 櫛原弘貴
2. 発表標題 益城町秋津川周辺の地盤の特徴について
3. 学会等名 平成28年度土木学会西部支部研究発表会
4. 発表年 2017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	小高 猛司 (Kodaka Takeshi) (00252271)	名城大学・理工学部・教授 (33919)	

6. 研究組織（つづき）

	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	村上 哲 (Murakami Satoshi) (10261744)	福岡大学・工学部・教授 (37111)	
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	兵動 正幸 (Hyodo Masayuki) (40130091)	山口大学・大学院創成科学研究科・教授（特命） (15501)	
研究分担者	大塚 悟 (Ohtsuka Satoru) (40194203)	長岡技術科学大学・工学研究科・教授 (13102)	
研究分担者	仙頭 紀明 (Sentou Noriaki) (40333835)	日本大学・工学部・准教授 (32665)	
研究分担者	松田 博 (Matsuda Hiroshi) (50136131)	山口大学・大学院創成科学研究科・教授（特命） (15501)	
研究分担者	磯部 公一 (Isobe Kouichi) (70452084)	北海道大学・工学研究院・准教授 (10101)	