

様式－4②

報告書の要約

指定課題に申請する場合は、右欄に『指定』と記入して下さい。

助成番号	研究開発テーマ名	土骨格の構造破壊を応用した埋立処分場内土砂の減容化技術の開発
平成31年 2月 25日付 第 20－ 5号	ふりがな氏名	うんの 海野 としやす 寿康 印
	所属	宇都宮大学地域デザイン科学部

○研究の背景と目的

近年の自然災害では多量の災害瓦礫が発生している。瓦礫の多くが再利用されているが、津波堆積土砂や焼却残渣(焼却灰)の約50%は埋立処分されている。また日本国内の電力事情より火力発電がフル稼働状態であるが、火力発電副産物である石炭灰は年間20～30万トンが埋立処分されている。一方、現状では環境問題や社会・経済的影響により新規処分場の立地は難しく、既存埋立処分場に対する容量確保が切迫した問題である。このことから埋立処分場内に廃棄された土砂を圧縮・減容化し、容量を増やす技術の確立と評価手法の構築が強く望まれる。このことについて学術的な視点に立った場合、主に地盤環境工学にて取り扱われる廃棄土砂の減容化技術は、粘土の圧密理論を利用した強制圧密工法が主な方法であり、“圧密”では圧縮が期待できない砂礫粒径の粗粒土の効率的な減容化手法の開発が期待されており、振動締め固め工法といった減容化に対する技術開発が盛んに進められている。工法の開発にあたりこれら砂礫材料の圧縮特性を把握することや外力特性に応じた体積圧縮挙動などを把握することにより効果的な減容化方法を検討する必要がある。

研究代表者は、土質動力学研究として細粒土・粗粒土の地震時における体積圧縮挙動について研究を実施している。地震時の土の体積圧縮は、主に地震動と液状化による“土骨格の構造破壊→再圧密/密実化に伴う体積圧縮メカニズム”である。研究代表者は、この知見を応用し、廃棄土砂に“土骨格の構造破壊→密実化による再構築”を強制的に促すことで体積量を大幅に減少させる手法についてH30年度研究助成から検討をスタートしている。令和1年度研究(本研究)では、前年度研究助成の成果を踏まえ、浚渫土砂のうち、細粒土(粘性土)の動的圧縮特性を把握することを目的に研究を実施した。繰返しせん断を与えた細粒土の排水量を観察、そこから体積圧縮量を求め、H30年度の成果物である粗粒土の挙動との比較を行った。

○研究で用いた土試料

本研究では、低塑性粘土であるカオリン粘土(工業用カオリン粘土:MCクレア+AXカオリン 1:1配合)、火山灰質粘性土である栃木県産の関東ローム、および新潟港で採取した新潟港浚渫土を用いた。この内、カオリン粘土は、既往研究より海底粘土を工業用人工粘土鉱物で模擬した人工配合粘土である。これら試料の塑性指数は、順番にIpは19.7, 47.6, 71.3となり塑性指数が異なる。本研究で、繰返しねじりせん断試験に用いた各供試体は、事前に予備圧密を行い、トリミング法によって作製した。図1は、本研究で使用した土試料(カオリン、関東ローム、新潟港浚渫土)の写真である。

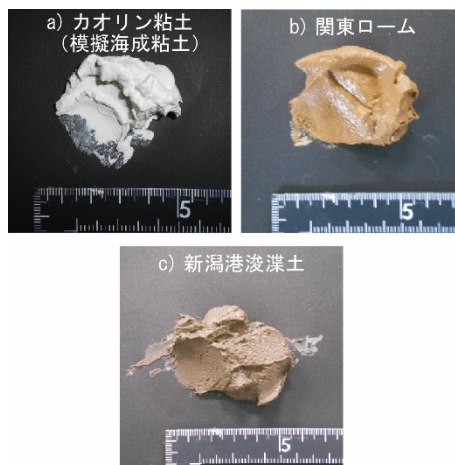


図1 研究で使用した3種類の土試料

○試験方法および試料の繰返しせん断変形特性

本研究で行った内容は、要素試験（中空ねじり試験）による体積ひずみの把握である。検討対象土（細粒土）が振動や機械攪拌による強制せん断によって、どの程度体積収縮を生じるかを把握するために、外力を模擬した繰返しせん断を土要素に与え、その際に発生する排水量を計測、体積ひずみを把握した（図2参照）。試験条件は、非排水繰返し载荷後に排水させる方法と排水繰返し载荷による方法の2種類を検討した。

○繰返しせん断変形挙動

本研究で検討した試料（模擬海成粘土、関東ロームおよび新潟港浚渫土）は、そのほとんどの試験条件で、圧密状態、あるいは、载荷制御条件より繰返しせん断に伴い過剰間隙水圧の発生が見られるが、平均有効主応力がゼロに至る前にせん断ひずみの絶対値が10%以上、あるいは規定载荷回数载荷など終了条件に達した（図3は代表例）。

すなわち、3種類の塑性の異なる粘性土は、その殆どの条件で、繰返しせん断によりせん断ひずみが発達し、軟化挙動を示したが、液状化には、至らなかった。なお、正規圧密下のカオリン粘土では、载荷回数が30回を超えたあたりで過剰間隙水圧比が0.95に達し、定義上、液状化（狭義でいう初期液状化）が生じるが、十分なひずみ振幅でも载荷300回終了まで平均有効主応力がゼロに届くことはなかった。

○繰返しせん断履歴に伴う体積圧縮特性とその評価

繰返し载荷履歴に伴う排水量（体積ひずみ）計測の結果、強制载荷により極端に大きい载荷履歴を与えた場合、特に排水条件でせん断を与えることにより粘土でも体積ひずみが最大10~15%の比較的大きな体積ひずみが生じる結果となった。図4は、本研究に用いた3種の粘土の排水繰返し载荷中に発生した体積ひずみ量と累加せん断ひずみ（载荷中に発生するせん断ひずみの累積値）の関係図である。

繰返しせん断履歴中の各排水条件による具体的な結果内容は、以下の通りである。

■非排水条件下におけるひずみ制御繰返しせん断に伴う体積圧縮量：繰返しせん断後の体積ひずみは、3~5%に収束した。正規圧密状態（予備圧密 100kN/m²、拘束圧 100kN/m²）

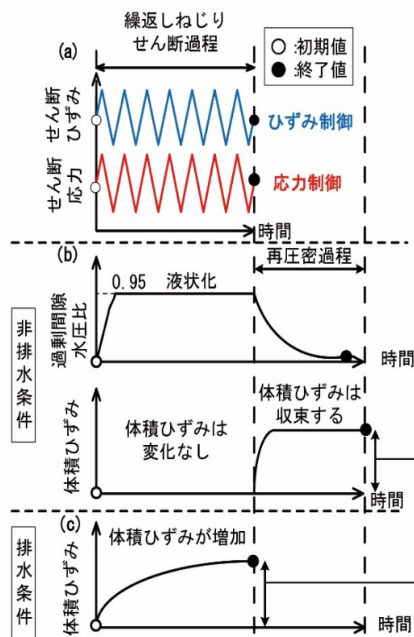


図2 要素試験の载荷履歴

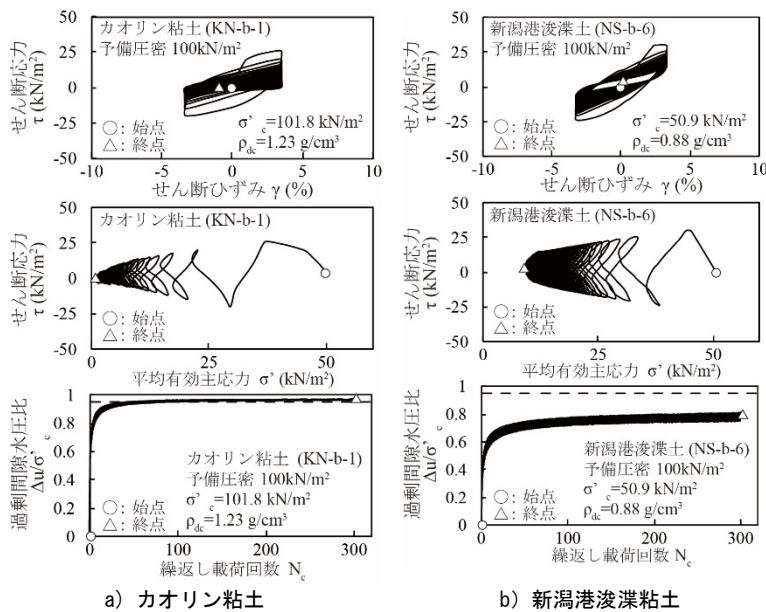


図3 正規圧密粘土の繰返しせん断変形挙動の一例

において、カオリン粘土が 5.6%と最も大きく、新潟港浚渫土が 3.9%と最も小さな値を示した。また、過圧密状態（予備圧密 100kN/m²、拘束圧 50kN/m²）においても同様に、カオリン粘土が 4.1%と最も大きく、新潟港浚渫土が 2.8%と最も小さな値を示し、過圧密状態の試料は正規圧密状態の試料と比較して小さな値を示す結果となった。

■排水条件下におけるひずみ制御繰返しせん断に伴う体積圧縮量：繰返しせん断後の体積ひずみは 9~15%に収束し、非排水条件下と比較して大きな体積ひずみ量が発生した。正規圧密状態（予備圧密 100kN/m²、拘束圧 100kN/m²）において、カオリン粘土が 15.2%と最も大きく、新潟港浚渫土が 10.9%と最も小さな値を示した。また、過圧密状態（予備圧密 100kN/m²、拘束圧 50kN/m²）においても同様に、カオリン粘土が 12.4%と最も大きく、新潟港浚渫土が 9.0%と最も小さな値を示し、過圧密状態の試料は正規圧密状態の試料と比較して小さな値を示す結果となった。

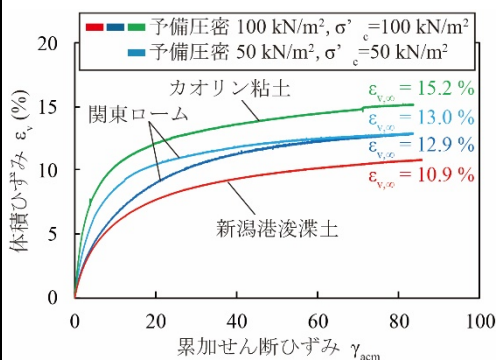


図4 正規圧密粘性土の排水繰返し載荷により発生する体積ひずみ

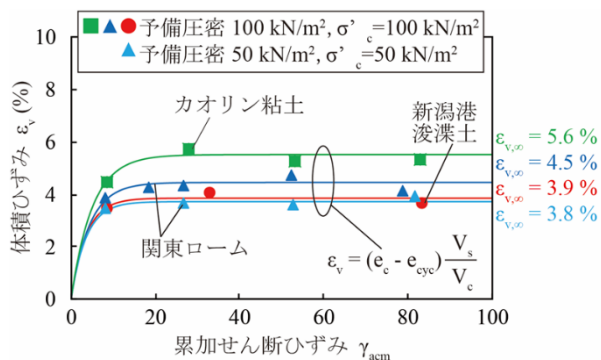


図5 粘性土の非排水繰返し載荷後の排水試験による体積ひずみ（実験値）と提案式

図5は、申請者が提案する非排水繰返し載荷による体積ひずみ量の実験値への予測式の適用例である。H30年度成果同様に繰返し載荷履歴を発生するせん断ひずみ履歴の累積値として評価することにより粘性土の体積ひずみを図に示すようにモデル化できる。

なお、H30年度研究成果である粗粒土（クリンカアッシュや硅砂、非塑性シルト）の体積ひずみ（圧縮量）と比べると今年度実施した細粒土は、体積圧縮量は小さい結果となった。このことから、繰返しせん断履歴に伴う減容化の効果は、粗粒土と比べ小さいと推測されるが、一方で体積圧縮量がゼロではないことも分かった。

さらに本研究では、減容化対象土砂の一次スクリーニングを行う体積圧縮し易い土質特性と体積収縮特性の関係について、圧縮量を粘性土の塑性指数 I_p と繰返しせん断に伴う体積圧縮量の関係を整理した。

塑性指数が大きくなるほど繰返しせん断後の体積ひずみの収束値は小さくなる傾向が見られる。とくに塑性指数が 40 を超える関東ロームと新潟港浚渫土には、体積ひずみの収束値に大きな差は見られず、10%程度に収束される結果を示した。（図6参照）。

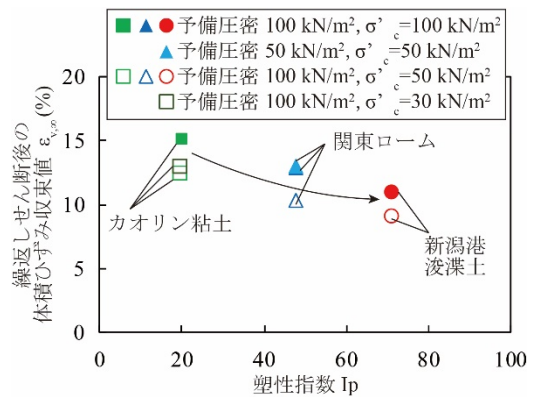


図6 繰返し載荷による体積ひずみの最大値と細粒土（粘性土）の塑性指数 I_p との関係

以上が本助成にて行った研究成果である。

