

低塑性粘土と非塑性シルトの繰返しせん断およびせん断後挙動の比較

宇都宮大学 学生会員 ○山田結花
宇都宮大学 正会員 海野寿康 吉直卓也

1. 研究の背景と目的

これまでの地盤の耐震評価は、飽和した砂質地盤の液状化の検討に主眼が置かれてきた。一方粘土地盤については具体的な検討方法が十分に定められていない¹⁾。しかし1995年兵庫県南部地震をはじめとする近年の地震ではこれまで液状化しにくいとされてきた細粒分を多く含む土の液状化被害が多くみられる。このため液状化検討は塑性指数などの粘着性を示す指標を考慮したさらなる区分が必要であると考えられる。

本研究では低塑性粘性土である工業用カオリン粘土(商品名:MCクレー+AXカオリン 1:1配合)と非塑性シルトである石英粉の室内試験により、繰返しせん断が作用した時の軟化挙動と体積変化挙動を把握し、基礎的データの収集を行った。また、繰返しせん断および繰返しせん断後の挙動の比較を行った。

表-1 試料の物理特性

	カオリン粘土	石英粉
土粒子密度 ρ_s	2.742g/cm ³	2.649g/cm ³
液性限界 w_L	58.8%	27.1%
塑性限界 w_p	39.1%	NP
塑性指数 I_p	19.7	NP

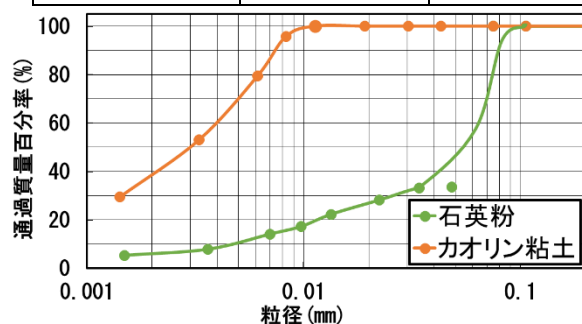


図-1 粒径加積曲線

2. 試験装置と試験条件

試験に用いた装置は中空ねじり試験装置である。カオリン粘土、石英粉の物理特性を表-1に示す。また粒径加積曲線を図-1に示す。

本研究では、供試体作製は試料によって変えている。カオリン粘土は100kPaで予備圧密した試料をトリミング法により成形して作製した。作製したカオリン粘土の供試体は、間隙比 e が1.20~1.30、乾燥密度 ρ_d が1.10~1.30g/cm³、含水比 w が65.5~73.2%の状態である。石英粉は不飽和突固め法により予備圧密なしで作製した。石英粉の供試体の間隙比 e は1.45~

1.60、乾燥密度 ρ_d は1.03~1.09g/cm³、含水比 w は5.2~8.5%である。繰返し载荷は、応力制御とひずみ制御にて行っている。

応力制御の繰返し試験では、初期拘束圧を30kPa、50kPa、100kPa、繰返し応力振幅比を0.2、0.25、0.3として片振幅のせん断ひずみの絶対値が10%を超えた時点で载荷を終了した。

一方、ひずみ制御の繰返し試験では、初期有効拘束圧を50kPa、ひずみ振幅を±3%として载荷している。どちらも繰返しせん断過程が終了した後にコックを開けて排水再圧密し排水量より体積ひずみを算出した。

3. 繰返しせん断変形特性

応力制御の繰返しせん断試験結果の代表例を図-2に、繰返し強度曲線を図-3に示す。応力-ひずみ関係をみると、繰返しせん断によってカオリン粘土、石英粉はともに軟化挙動を示した。一方、有効応力経路を比較すると、繰返しせん断を受けたカオリン粘土は平均有効主応力が約5.0kN/m²までしか低下しないのに対し、石英粉は0.0kN/m²(液状化)に至っている。なお応力-ひずみ関係を比較するとカオリン粘土、石英粉ともに载荷終了時のせん断応力は0.0kN/m²を示した。

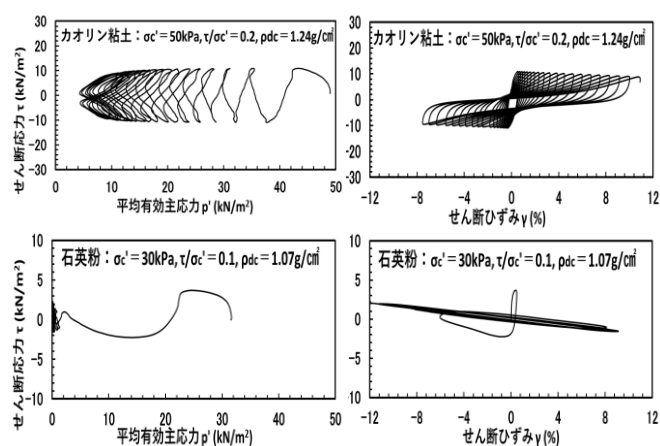


図-2 有効応力経路と応力-ひずみ関係

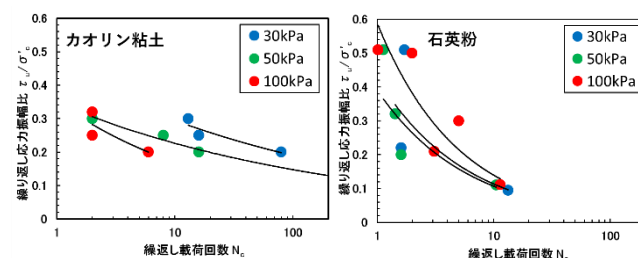


図-3 繰返し強度曲線

キーワード: 繰返しひずみ軟化, 非塑性シルト, 低塑性粘土

連絡先 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部 TEL. 028-689-7044

4. 繰返し載荷履歴による体積変化挙動

応力制御繰返し載荷後の排水による体積変化挙動について、繰返し応力比と体積ひずみの関係を図-3に示す。図-4より体積ひずみは有効拘束圧や繰返し応力振幅比に依存せず、カオリン粘土は3.0~5.5%程度、石英粉は3.5~5.7%となり両試料の示す値に大きな差はみられなかった。また、カオリン粘土、石英粉とも繰返し応力振幅比の大小に排水量は依存しない結果となり、砂同様に応力制御では体積変化挙動に対する十分な議論ができない結果となった²⁾。

ここで、既往の研究³⁾において、液状化後の再圧密による体積変化量は、繰返しせん断ひずみ履歴に依存することが報告されている。このことから本研究でも既往研究にならい、多量のひずみ履歴を与えた場合のカオリン粘土と石英粉の体積変化量を把握するため、ひずみ制御にて多量の繰返しせん断ひずみ履歴を与えた。

ここで本研究では、既往の研究同様に累加せん断ひずみを用いる。累加せん断ひずみは次式で定義されている。

$$\gamma_{acm} = \int |\dot{\gamma}(t)| dt \quad (1)$$

$\dot{\gamma}(t)$: 時刻 t におけるせん断ひずみ速度

図-5、図-6は応力制御とひずみ制御の試験結果における繰返し載荷後の排水量から求めた体積ひずみを累加せん断ひずみによって整理したものである。

累加せん断ひずみが8.0を超えたあたりからカオリン粘土と石英粉の体積ひずみはそれぞれ約4.2%と約8.0%程度に収束した。この結果から、非塑性シルトである石英粉よりも低塑性粘土であるカオリン粘土の方が繰返しせん断履歴に伴う体積変化量が小さい結果となった。

以上より、非塑性シルトと低塑性粘土のどちらも繰返しせん断により軟化挙動を示すが、せん断後の体積変化に大きな違いがみられる結果となった。

5. 結論

本研究により得られた知見は以下の通りである。

- ① 応力制御での繰返しせん断では、カオリン粘土と石英粉はどちらも軟化挙動を示す。ただし、繰返しせん断中の有効応力の挙動から繰返しひずみ軟化と液状化の違いがみられた。
- ② 応力制御での繰返し載荷後の排水による体積ひずみは、カオリン粘土と石英粉の間に大きな差はなく、ほぼ同じ値を示した。ただし、この結果はカオリン粘土、石英粉がともに載荷する応力比の大小に排水量が依存しないため、詳細は議論ににくい。

- ③ 非排水条件のひずみ制御で繰返しせん断履歴を与えると、その後の排水試験により、体積ひずみはカオリン粘土では約4.2%、石英粉は約8.0%にそれぞれ収束する。

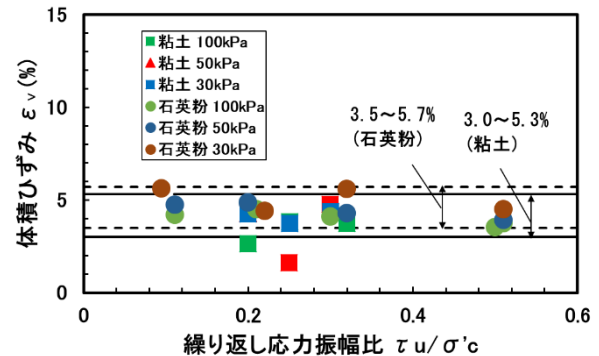


図-4 応力制御の繰返し載荷後の体積ひずみ

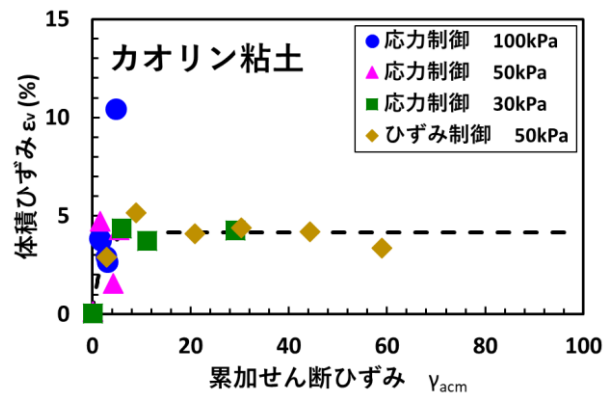


図-5 繰返し載荷後のカオリン粘土の体積ひずみ

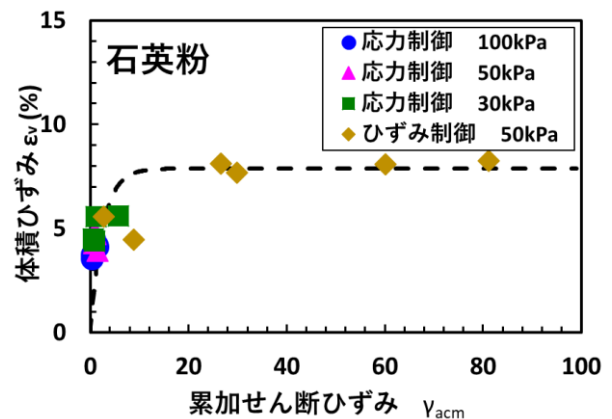


図-6 繰返し載荷後の石英粉の体積ひずみ

謝辞: 本研究は、JSPS 科研費 15H02263 の助成を受けて実施したものである。

参考文献 1) 兵動正幸他：繰返しせん断を受ける正規圧密および過圧密粘土の間隙水圧とひずみの評価，土木学会論文集，No.487/Ⅲ-26，pp.79-88，1994. 2) 柳田匡慶：繰返しせん断作用下におけるクリンカアッシュの圧縮特性の把握 3) 海野寿康他：同一繰返しせん断履歴における乾燥砂と飽和砂の体積収縮量の関係，土木学会論文集 C，No.4，pp.757-766，2006.