

第Ⅲ部門

表面粗度の異なるモルタルと密詰め乾燥豊浦砂に対する定圧繰返し一面せん断試験

京都大学大学院 学生会員 ○廣瀬 駿
 京都大学大学院 正会員 宮崎 祐輔
 京都大学大学院 正会員 澤村 康生
 京都大学大学院 フェロー会員 木村 亮

1. はじめに

トンネルや杭基礎など地中構造物の地震時挙動を適切に評価する上で、地盤と構造物の接触面における応力伝搬は重要な検討項目である。この応力伝搬は、地盤材料、構造物表面の粗度、追随、剥離、滑りなどの地盤-構造物境界面のふるまいに大きな影響を受けることが予想される。他方で、コンクリート構造物においては、プレキャスト製品は表面が滑面仕上げ、現場打ち製品は粗面仕上げとなる。そこで本研究では、これらの影響に対する基礎的な理解を得ることを目的に、表面粗度の異なるモルタルと密詰め乾燥豊浦砂に対して、定圧一面繰返しせん断試験を実施した。

2. 実験概要

本研究では、定圧繰返し一面せん断試験機を使用した。試験機の概略図を図1に示す。試験形式は垂直力下面載荷・上箱可動型で、垂直力載荷は空気圧制御、せん断力載荷は電動モータ制御である。

以下に実験手順を示す。せん断過程を除き、試験基準は定圧一面せん断試験 (JGS 0561-2009) ²⁾ に準拠した。

- (1) 直径 60 mm, 高さ 20 mm の円柱形のせん断箱に対し、下箱に乾燥豊浦砂を相対密度 85% になるように 2 層に分けて均一に突き固め、上箱にはモルタル供試体を設置する。なお、試験条件に合わせて、モルタルの粗面または滑面が砂に接する。
- (2) 3t 法に基づき、圧密応力 19.6, 39.2, 78.4, 156.8 kPa の 4 通りで、圧密する。
- (3) せん断箱間隙 0.3 mm, せん断速度 0.2 mm/min で、定圧条件下で単調または繰返しせん断を行う。実験ケースは載荷方法とモルタル表面の粗度を基に単_滑, 単_粗, 繰_滑, 繰_粗と示す。

試験変位条件を図2に示す。単調載荷は 7.0 mm までの変位を与えた。繰返し載荷は、単調載荷時に確認された、ピーク強度に達するせん断変位 0.6 mm まで、0.15 mm ずつせん断変位を 4 サイクル漸増させた後、7.0 mm (これを 5 サイクル目とする) までのせん断変位を与えた。こうして、地震動による繰返しせん断挙動を想定し、せん断破壊に至るまでの挙動を詳細に確認することを目的に、載荷条件を設定した。

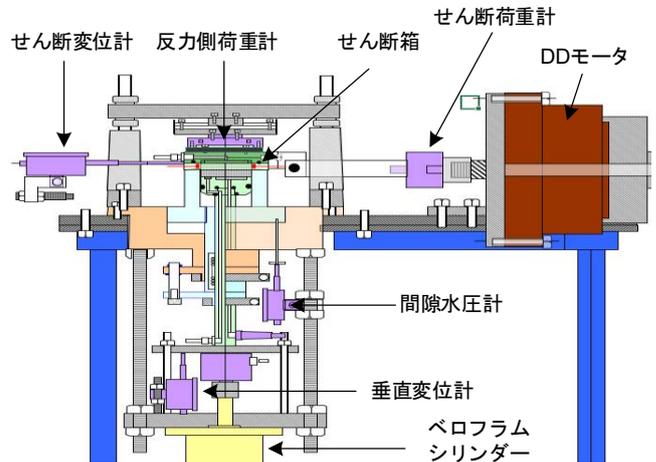


図1 定圧繰返し一面せん断試験機

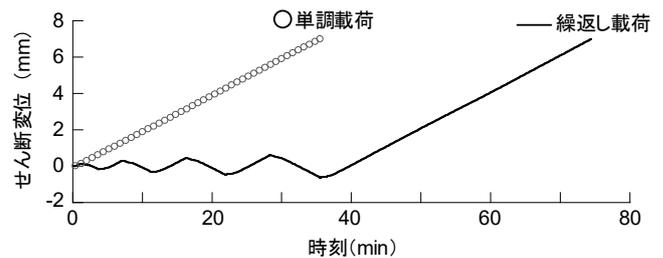


図2 試験変位条件

3. 実験結果

図3~6に、モルタルの粗度条件ごとに、せん断応力-せん断変位関係、体積ひずみ-せん断変位関係をそれぞれ整理した。さらに、表1に、これらの定圧一面せん断試験により得られた内部摩擦角, 粘着力について、せん断応力のピーク時, せん断変位 7.0 mm 時点の値を整理した。試験結果を概観すると、表より、内部摩擦角, 粘着力ともに粗面が滑面より大きく、また、最終的に繰_滑ではピーク時, 残留時ともに内部摩擦角が 5% 程度, 繰_粗では 11% 程度, 単調載荷時に比べて増加した。

この理由について考察するため、図7に、各繰返しサイクルでの正方向変位でのせん断応力最大値 τ_m と、その時の変位における単調載荷時のせん断応力 $\tau_{単調}$ との比を示す。この値から、単調載荷時と異なるせん断挙動を示しているか、サイクルごとの変化が分かる。繰_滑では、1 周目が 1.1~1.3 ほどで、5 周目には 0.9~1.0 ほどに低下する。一方、繰_粗では

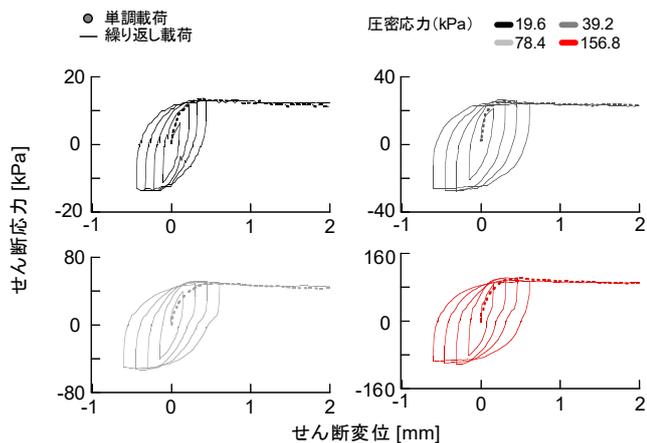


図3 単・繰_滑 せん断応力[kPa]-せん断変位[mm]

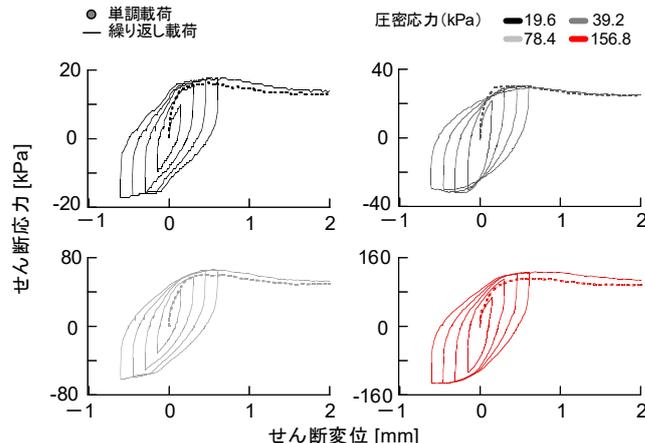


図4 単・繰_粗 せん断応力[kPa]-せん断変位[mm]

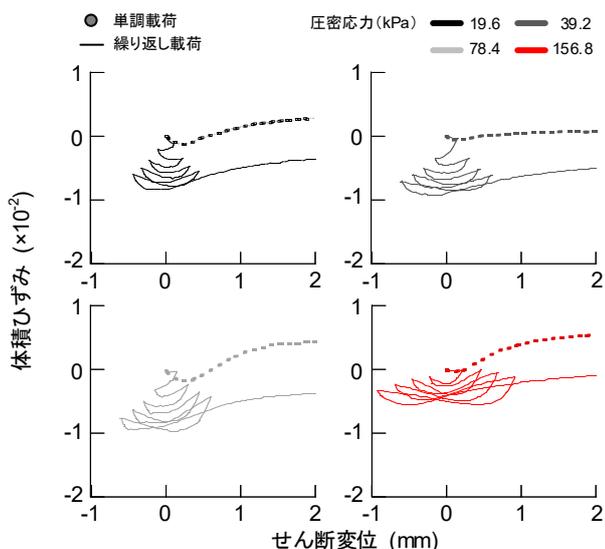


図5 単・繰_滑 体積ひずみ-せん断変位関係

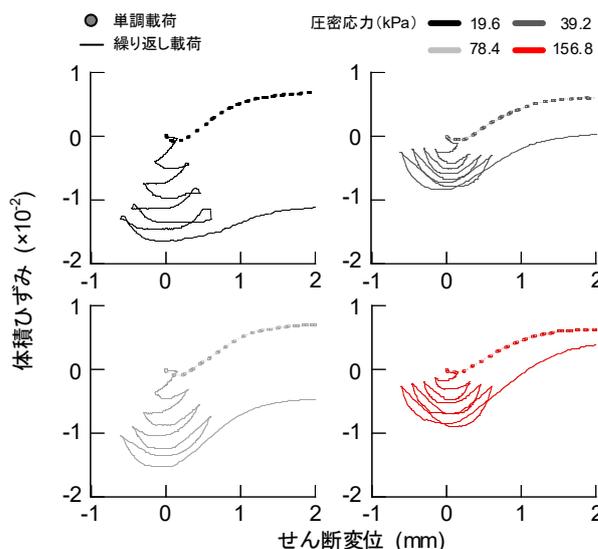


図6 単・繰_粗 体積ひずみ-せん断変位関係

表1 試験結果

	ϕ_{cr}	C_{cr}	ϕ_r	C_r
単_滑面	32.8	0.51	28.8	1.07
単_粗面	34.8	3.46	31.8	1.18
繰_滑面	34.6	-0.97	30.2	0.33
繰_粗面	38.5	2.71	35.4	-1.71

ϕ_{cr} , C_{cr} , ϕ_r , C_r : ピーク時, 残留状態での内部摩擦角[°]と粘着力[kPa]

1 周目が 0.70~0.90, 5 周目で 1.1 ほどに増加する.

これは, 図 5, 6 より, 拘束圧条件ごとに体積ひずみの繰返しせん断過程の変化を比較すると, 負のダイレイタンスが滑面より粗面で大きくなるのがわかる. このことから, 滑面においては, その滑らかさから, 土粒子へのせん断応力が上手く伝わらず, 結果として体積変化が小さくなったと考えられる. これが, 滑面における残留せん断応力の低下の原因と思われる. また, 1 サイクル目の挙動において, 単調載荷と同じせん断変位レベルにおいて試験条件が同一であるため $\tau_m / \tau_{単調}$ が 1.0 近くになるという予想と反し, 繰_滑面では大きく, 繰_粗面では小さくなる結果となった原因については現在検討中である.

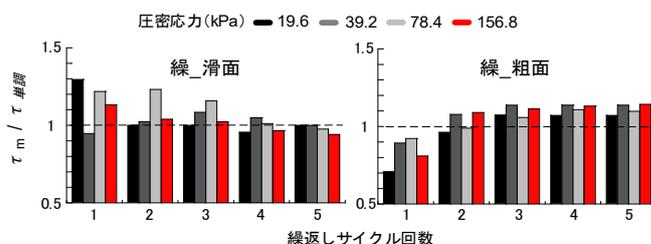


図7 繰返し載荷 各サイクル抵抗比

4. 結論

粗度の異なるモルタル滑面と蜜詰め豊浦沙に対して繰返しせん断試験を実施した. その結果, 滑面は, せん断過程においてその滑らかさから土粒子へのせん断応力が上手く伝わらず, 結果として体積変化が小さくなり, さらに, 単調載荷と比較して残留せん断応力が小さくなると思われる. 粗面は, 逆に単調載荷と比較して残留せん断応力が大きくなることわかった.

参考文献

- 1) 社団法人 土木学会: コンクリート標準示方書 (施工編), 2007.
- 2) 社団法人 地盤工学会: 地盤材料試験の方法と解説, 丸善出版, pp. 666-699, 2019.