

非排水繰返しせん断による有効拘束圧低下が砂の排水せん断挙動に及ぼす影響

新潟大学工学部 正会員 保坂 吉則
 新潟大学工学部 高田 剛治

1. はじめに

砂地盤の液状化時の大変形挙動を評価する上で、低拘束圧下のせん断特性を把握することが重要となる。筆者らはこれまでの報告¹⁾において、いったん初期圧密した試料を等方除荷した場合のせん断挙動がひずみ硬化型の応力-ひずみ関係を有すること、膨張的なダイレイタンスー特性を示すことを明らかにしてきた。しかしながら、液状化過程で有効応力が低下する際には繰返しのせん断変形を伴うことから、これがその後のせん断挙動に及ぼす影響についても検討する必要がある。細粒分を含む砂については既に一部報告²⁾しているが、本報告ではきれいな砂について、三軸試験装置を用いて初期圧密した供試体に、液状化試験と同様の非排水繰返しせん断履歴を与えて有効拘束圧を低下させた後、排水せん断試験を実施してせん断挙動についての検討を行った。

2. 実験方法

実験には豊浦標準砂を用い、三軸試験装置によって検討を行っている。豊浦標準砂の物理特性を表1に示す。また、既報²⁾との比較のため、細粒分を含む砂(TK30)についても併記する。

表1 試料の物理特性

試料	豊浦砂	試料 TK30
土粒子密度	2.640 g/cm ³	2.633 g/cm ³
細粒分含有率	0.2%	25.2%
粘土分含有率	0.0%	13.6%
均等係数	1.5	79
10%粒径	0.12 mm	2 μ m
圧縮指数 C_c	0.0386	0.127
膨張指数 C_s	0.0123	0.0139

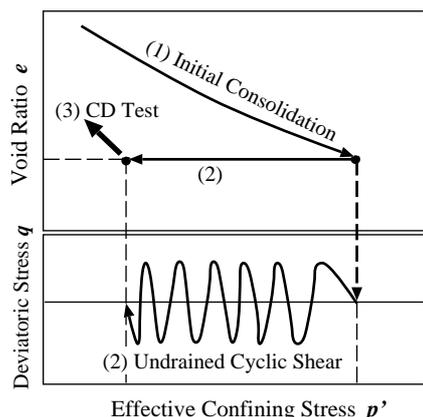


図1 非排水繰返しせん断による除荷の模式図

供試体は空中落下法によって中密に作成したものを飽和させ、図1のようにまず98kPaの拘束圧で等方的に初期圧密を行なった。その後液状化試験と同じように0.1Hzの正弦波の軸差応力振幅を非排水条件で与え、

間隙水圧が適当なレベルになったところで載荷を停止した。続いて、発生した過剰間隙水圧と等しい分だけ背圧を上げて、排水バルブの内外を同じ圧力にしてから排水を行った。このとき体積変化が生じないことを確認している。

その後、その拘束圧下で側圧一定、0.1%/minのひずみ制御による排水圧縮せん断試験を実施した。

3. 非排水繰返しせん断履歴の影響

液状化過程と同様のせん断履歴を伴い、拘束圧を22.5kPaまで低下させた場合の応力-ひずみ関係を図2に、ダイレイタンスー特性を図3に示す。初期圧密時(98kPa)、およびせん断を与えず等方除荷により22.5kPaとした時の結果も併せて示す。応力-ひずみ関係は、拘束圧の違いを考慮して応力比で比較したが、初期圧密時に比べて拘束圧低下時の降伏点が若干高くなっていることがわかる。しかしせん断履歴の影響はほとんど見られなかった。

一方、ダイレイタンスー特性については、拘束圧低下によってせん断初期の収縮量が小さくなり、塑性領域では非常に膨張的な性質となっていることがわかる。これについてもまたせん断履歴の影響はあまり見られない。

このことは、繰返しせん断時に発生したひずみがさほど大きくなかったためと考えられる。20kPa程度の有効応力が残っている時、軸ひずみ両振幅はおよそ0.6%であった。この結果は細粒分を含む砂²⁾と同様であったが、ひずみ履歴が大変形になると、その後のせん断挙動が変わってくるものと予測される。今後の検討課題としたい。

キーワード: 砂, 液状化, 繰返しせん断, 拘束圧, ダイレイタンスー

連絡先 (〒 950-2181 新潟市 五十嵐 2 の町 8050 番地 ・ TEL 025-262-7032 ・ FAX 025-262-7032)

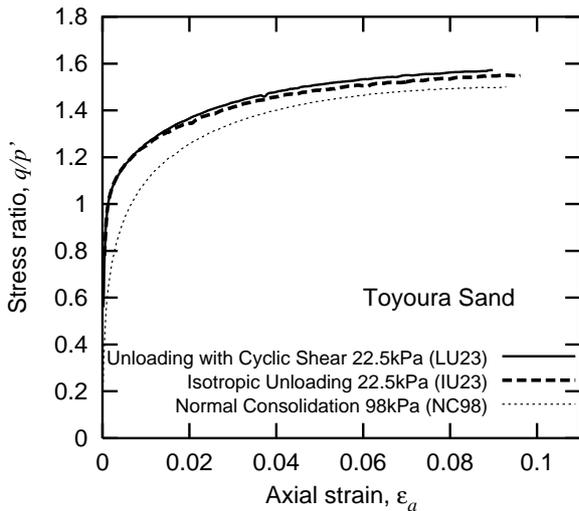


図2 豊浦砂の応力ひずみ関係

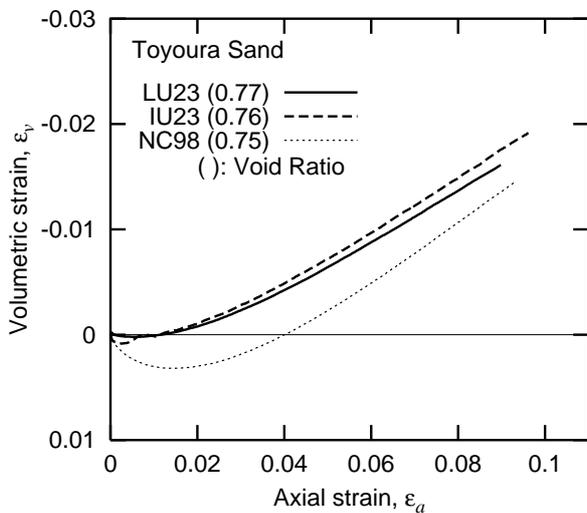


図3 豊浦砂のダイレイタンスー特性

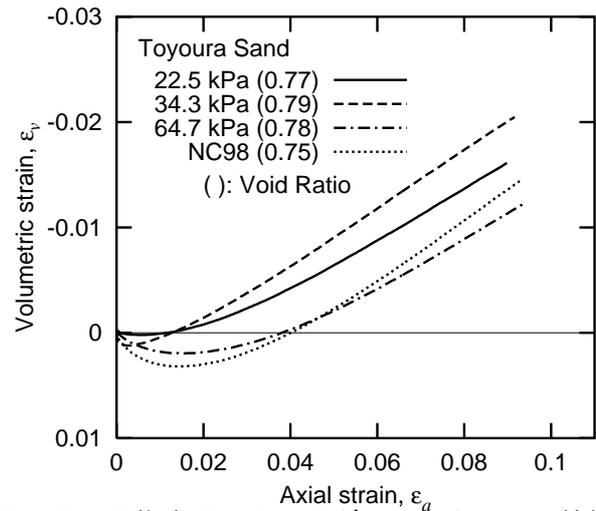


図4 異なる拘束圧におけるダイレイタンスー特性

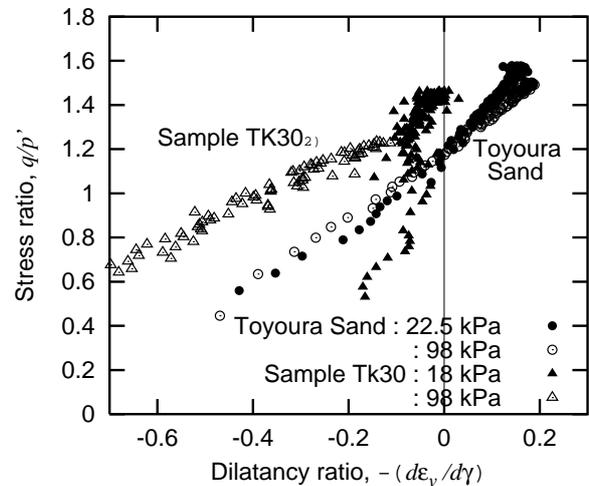


図5 豊浦砂の応力-ダイレイタンスー関係

4. 拘束圧低下の影響

初期拘束圧 98kPa から非排水繰返しせん断によって拘束圧を低下させた場合の、拘束圧レベルの違いについて検討を行なった。図4には、すでに示した 22.5kPa に加えて、34.3kPa, 64.7kPa の各拘束圧下におけるダイレイタンスー特性を示す。大ひずみ塑性領域での正のダイレイタンスー挙動は、拘束圧が低い 22.5kPa の事例が 34.3kPa の場合に比べて低くなっているものの、せん断初期の負のダイレイタンスー量は拘束圧低下に伴って概ね小さくなっていくことがわかる。

今回実験を行った豊浦砂と既報²⁾の細粒分を含む砂の応力-ダイレイタンスー関係を図5に示す。細粒分を含む砂では、拘束圧低下に伴って応力比の小さな弾性領域では線形な応力ダイレイタンスー関係から外れる傾向が顕著であったが、きれいな砂の場合は、繰返しせん断による拘束圧低下の影響があまり見られず、正規圧密試料のようなほぼ線形な関係が保たれていると考えてもよいであろう。

5. まとめ

初期圧密を行ったきれいな砂試料に非排水繰返しせん断履歴を与えて低下した拘束圧下における三軸せん断挙動を検討した。その結果、拘束圧の低下に伴って相対的に降伏点が上昇し、膨張的なダイレイタンスー挙動を示すことがわかった。ただしその傾向は細粒分を含む砂ほど顕著ではなく、応力-ダイレイタンスー関係についてはほとんど影響が見られなかった。

また、等方的に除荷した場合と比較しても、あまりせん断特性に違いが見られず、今回行った繰返しせん断における軸ひずみが1%以下においては履歴の影響は小さいということがわかった。

<参考文献>

- 1) 保坂・呉・金, 「液状化を考慮した低拘束圧下における応力-ひずみ関係」, 第46回地盤工学シンポジウム平成13年度論文集, pp.1-6, 2001
- 2) 保坂, 「非排水繰返しせん断によって低下した拘束圧下における砂質土のせん断挙動」, 第11回日本地震工学シンポジウム論文集, pp.689-694, 2002