

(III-23) 多段リング式せん断試験機による飽和砂の定体積せん断試験

武蔵工業大学 ○学生会員 五艘 裕志
武蔵工業大学 正会員 末政 直晃
武蔵工業大学 正会員 片田 敏行

1. はじめに

液状化メカニズムを解明するための試験法の一つに中空ねじりせん断試験がある。この試験では供試体を拘束するためにゴムメンブレンを用いる方法が一般的である。しかしこの方法は供試体の歪みレベルによりゴムメンブレンの張力が変化することや、砂粒子の沈降や大歪み時の供試体が波打った状態など、供試体の形状変化が起こるなどの問題点を持っている。また、使用する試料によっては供試体の作製が困難を伴う場合がある。そこで、これらの問題点を解消するために、本研究では多段リング式せん断試験機を用いた試験を行った。この試験機は、供試体の拘束に従来のゴムメンブレンに代わりステンレス製の積層リングを用いている。リングは1層あたりの高さが1cmであり、レールを持っている。ここにベアリングを挿入し、リングを積み重ねることによって水平方向の回転性を確保したものである。これにより、微少な摩擦はあるものの、それは歪みレベルによって変化せず、一定の値を取る。また、試験機自体が剛性の高い容器となっているため、大歪み領域においても供試体が波打った状態になるなどの形状変化が起こらない。さらに、これまでは供試体の作製が困難であった試料に対しても容易に作製できるという利点がある。今後この試験機の実用域を広げることを考慮し、まず比較的試験の簡単な飽和砂を試料として用い、本試験機の適用性を検討した。

2. 試験概要

試験機の概要を図-1 に示す。試料には豊浦砂を用い、供試体はすでに組み立てられた内外の積層リングの間に空中落下法を用いて所定の相対密度になるように調整して作製する。供試体寸法は外形10cm、内径6cm、高さ7cmの中空円筒体である。ここに二酸化炭素を透過し、その後通水することにより、飽和砂の供試体を作製する。しかし、リングの回転性を保持するために供試体内の止水をすることができないため、各リング間やリングと試料キャップの間から漏水してしまい、吸水・排水の制御ができない。そこでセルを設置し、積層リングの内外にも水を満たす。結果として本試験は排水状態で行う。従来のゴムメンブレンを用いた方法では応力状態を正確に制御することができたが、本試験は供試体の周囲を剛体で覆うために、供試体側面から圧力を加えることができず、等方圧密状態にならない。そこで一次元圧密状態と考え、供試体上部から有効垂直応力98kPaを加え、繰り返し載荷を行った。試験条件は表-1 に示す。

試験は定体積のもとで行い、有効応力は供試体内部の応力状態として垂直応力の変化とした。

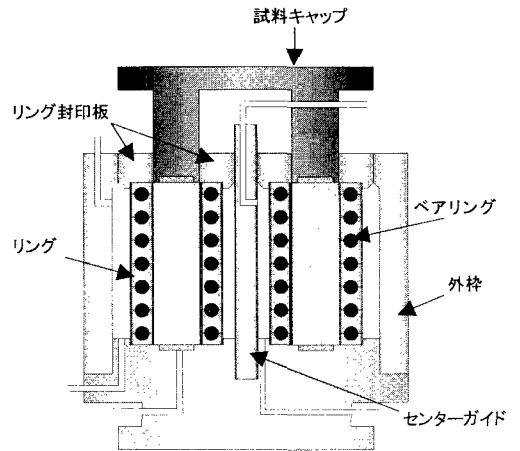


図-1 多段リング式せん断試験機

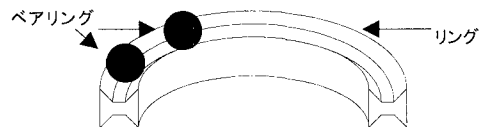


図-2 リング断面図

キーワード : 液状化 中空ねじり試験 多段リング 飽和砂 定体積試験

武蔵工業大学工学部 地盤工学研究室 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL&FAX 03-5707-2202

3. 試験結果および考察

試験結果の一例としてせん断応力～せん断歪み関係、有効応力経路、最大せん断歪み～繰返し回数の関係を示す。図-3のせん断応力～せん断歪み関係より、繰返し載荷初期においては弾性的に挙動し、載荷を続けるとせん断歪みが増加していく傾向となり、ゴムメンブレン使用時とほぼ同様な形状を示した。図-4の有効応力経路に関してもゴムメンブレン使用時に見られる典型的な挙動を示している。しかし、破壊包絡線と縦軸の交点が±2kPaを示すことなどから、リング間の摩擦等による抵抗が比較的大きいことがわかる。しかし、これは歪みレベルによって変化しないため、特に大歪み領域においてはゴムメンブレンに対して有利である。今回は摩擦に対する補正を行っていないが、それを行う場合、単純な計算で求められると考えられる。

図-5の最大せん断歪み～繰返し回数の関係では、最大せん断歪み 5%程度までについては、液状化前には最大せん断歪みがほぼゼロに近く、その後最大せん断歪みが増加し、やがてある値に収束する傾向となった。しかし最大せん断歪みは 5%を超えた付近から、不安定な挙動を示し始める。この原因として、本試験は定体積状態で進んでいるため、繰返し載荷により有効応力がゼロ付近になり砂の沈降が生じ始めると、試料キャップ下面と供試体上面が一時的に剥離し、載荷したせん断応力の反力が得られなくなるためであると考えられる。特に供試体の相対密度が低い場合には、液状化の進行につれ砂粒子が大きく沈降するため、試料キャップと供試体は常に離れた状態になり、試料キャップだけが空回りしてしまう状況が生じた。これにより加振装置が大きく回りすぎ、試験機が与えることのできる歪みの限界を超えてしまうことも考えられる。

4. まとめ

現状ではこの多段リング式せん断試験機では、①非排水試験の実施ができない②等方圧密状態での試験が実施できない③液状化の進行と共に試料キャップと供試体が剥離する、などの問題点が見受けられた。今後、ゴムメンブレンの張力に対する補正に代わりリングの摩擦に対する補正を考慮しなければならないが、本試験機の実用性は高いと考えられる。また、供試体作製および試験の作業内容が容易なため、一回あたりの試験時間が短くてすむという利点もあった。

<参考文献>

- 1) 片田 敏行, 末政 直見, 須藤 雅典 : 砂地盤のメカニズムの解明とその流動特性, 土木学会論文集 No.561/Ⅲ-38, pp129-140, 1997 2) 吉見 吉昭 : 砂地盤の液状化, 技報堂出版

表-1 試験条件

排水条件	排水
加振方法	応力制御
応力振幅	19.6kPa
有効拘束圧	98kPa
相対密度	60%

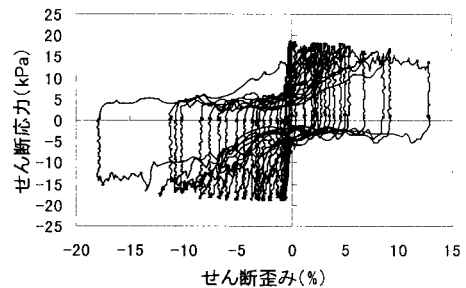


図-3 せん断応力～せん断歪み関係

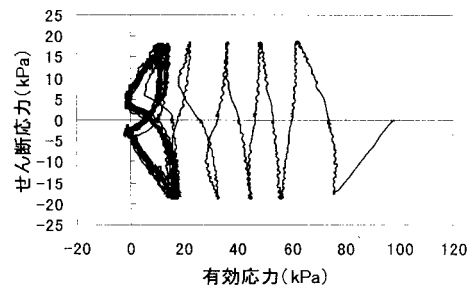


図-4 有効応力経路

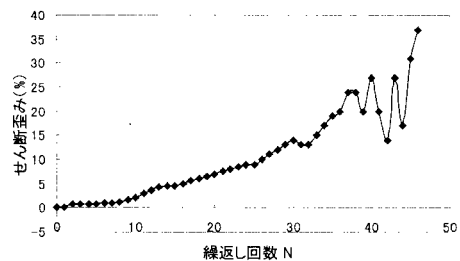


図-5 最大せん断歪み～繰返し回数