

リング式中空ねじり試験機の開発

武蔵工業大学大学院 学生会員○ 須藤 雅典

武蔵工業大学土木工学科 正会員 末政 直晃

武蔵工業大学土木工学科 正会員 片田 敏行

1. はじめに

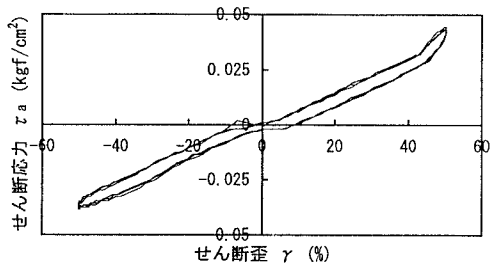
傾斜した飽和砂層を含む地盤に地震などの繰返し荷重が加えられると液状化現象が起きて、大きな水平変位を生じることがある。この現象を側方流動現象という。砂地盤の側方流動現象については、そのメカニズムを明らかにし、流動量を予測することが急務であると考えられている。そこで著者らは、この現象を解明するために液状化した砂の大変位中空ねじり試験を行ってきた。しかしながら、従来式のゴムメンブレンを用いた中空ねじり試験機では歪が大きくなると種々の問題点が生じた。本報告では従来式の試験機の持つ問題点を挙げるとともに、この問題点を改良したリング式中空ねじり試験機の実用性について検討した。

2. メンブレン式中空ねじり試験機

既往の研究^{1) 2)}では、供試体作成のためにゴムメンブレンを用い、大歪領域での繰返し非排水試験試験を実施してきた。この試験により得られた結果から、この試験機では、実現象を再現する上でいくつかの問題点のあることが分かった。以下にその問題点を挙げる。

① ゴムメンブレンの張力

図-1はゴムメンブレンの張力の影響を調べるために行った試験の結果である。これより、供試体に働くゴムメンブレンの張力は歪レベルによって異なり一定でない事が分かる。また、張力が歪の増減に伴いロープを描きながら増減しており、大歪時における張力の補正をすることは難しいことが分かる。同様のことが垂直方向の張力に関してもいえる。

図-1 せん断応力 τ_a ~ せん断歪 γ 関係(ゴムメンブレン式)

② 供試体の均質性

大歪時には供試体が波打ったような状態になるため供試体の均質性が失われてしまう。特に砂試料が供試体の円周方向に不均一に分布してしまい、二次元的な側方流動現象を正確に再現できなくなる恐れがある。

③ 砂粒子の沈降問題

小さな供試体では砂の沈降にかかる時間が実物のそれに比べて著しく短い。そのため供試体内部ですぐに砂が沈降してしまう。

3. リング式中空ねじり試験機

ゴムメンブレン式中空ねじり試験機の問題点を解決するために、本研究室では試験機をリング式(図-2)に改良し、さらに透水力載荷器を導入した。リング式試験機とはゴムメンブレンの代わりに、供試体の内・外にステンレス製の積層リングを設けたものである。リングにはレールがあり、リング間にベアリングを入れることで、水平方向の回転性を確保している。この方式の利点は、①鉛直方向に張力が無い、②水平方向の摩擦が歪レベルに依存しない(図-3)、③供試体に形状変化がない、などが挙げられる。また、透水力載荷器とは砂の自重に見合う透水力を供試体下部から上部へ加えるものである。これによって砂粒子の沈降を押さえることができると考えている。ここで、図-3はリング式試験機で測定された載荷毎に生じるせん断抵抗と歪の関係である。これより、せん断抵抗が大きく値をとることが分かる。しかし、この抵抗は歪レベルに依存せず一定の値をとり、供試体に与える影響は少ないと思われる。

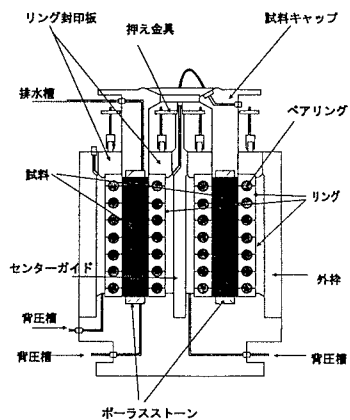


図-2 リング式中空ねじり試験機

4. リング式試験機による繰返し非排水試験

(1) 試験概要

リング間にベアリングを入れながら供試体の内・外のリングを積み立て、空中落下法により外径 10cm・内径 6cm・高さ 7cm の供試体を作成する。（試料砂として豊浦標準砂を用いた。）その後供試体を飽和させた、また、この方式は横方向がスチール製のリングで囲まれているため、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 1.0 kgf/cm^2 を加え、繰返し載荷した。試験条件は表-1に示す。

(2) 試験結果、及び考察

試験結果の一例として図-4に応力歪関係を、図-5に有効応力経路を示した。図-4のせん断応力 τ_a ～せん断歪 γ 関係において、繰返し載荷が初期では弾性的に挙動していたが、載荷をさらに続けると液状化を始め、せん断歪が増加していく傾向が見られた。これはゴムメンブレン式で得られる結果と同様な形状であった。この試験は両振りの繰返し試験だが、供試体の液状化後に、せん断歪がマイナスに増加していく理由は、液状化を呈することで供試体が塑性領域に入ってしまう、そのため積層リングの上の部分でせん断面が生じ、載荷したせん断応力の反力が得られなくなってしまうためと思われる。

図-5のせん断応力～有効垂直応力関係では供試体の砂粒子が荷重を受け持ち、原点に向かって弾性的に挙動している、そして、液状化を呈すると徐々に原点を中心とする破壊崩落線を描き、液状化による有効応力の消失を示しているのが分かる。

以上をまとめると、大歪領域でのせん断抵抗に関する補正方法がまだ確立出来ていないため、図-4は若干、残留応力の大きいループを描く形状になり、また図-5は乱れた破壊崩落線を描いてしまった。しかし、ゴムメンブレン式で生じた張力の問題は解決されたと思われる。また、剛性の高いステンレス製のリングを用いていることで供試体の形状変化の問題も解決された。

これらより、リング式試験機はメンブレン式のそれより流動時の要素を適切に表現できると考えられる。

5. あとがき

既往の研究では、ゴムメンブレン式中空ねじり試験機が使用されている。しかし大歪領域では上記の問題点が生じているため、本報告ではリング式中空ねじり試験機の開発を試みた。現在これら試験機の状態チェックならびに予備試験を行っているところである。特にリング式試験機では繰返し載荷時のせん断抵抗が大きいという問題点も生じているが、いくつかの改良を実行してより良い試験方法を確立できるものと考えている。ここで提案したリング式試験機が流動時のメカニズムを把握する上で一助になるものと考えている。

参考文献

- 1) 片田、末政ら：液状化後の砂の力学的挙動に関する基礎的研究、第 29 回土質工学研究発表会概要集、III-，pp, 831-832，2）須藤、末政ら：液状化砂の力学的特性の解明～遠州灘砂について～第 22 回関東支部技術研究発表会講演概要集、III-3

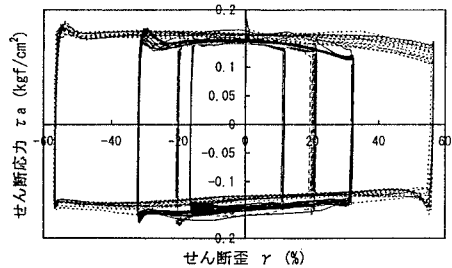


図-3 せん断応 τ_a ～せん断歪 γ 関係(リング式)

表-1 試験条件

加振方法	応力制御法	排水条件	非排水
拘束圧	3.0 kgf/cm^2	波形	正弦波
背圧	2.0 kgf/cm^2	振動数	0.1 Hz
有効拘束圧	1.0 kgf/cm^2	飽和度	95%以上
応力振幅比	0.1～0.3	相対密度	20～90%

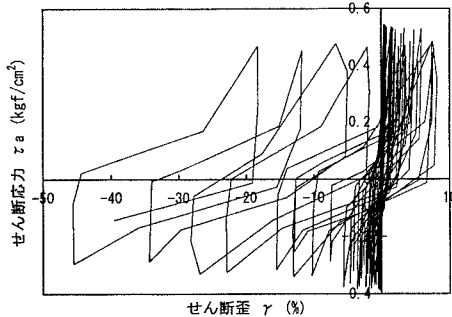


図-4 せん断応 τ_a ～せん断歪 γ 関係

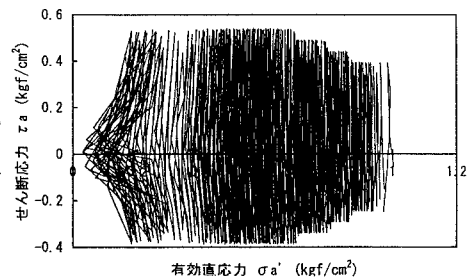


図-5 せん断応力 τ_a ～有効垂直応力 σ'_a 関係