

## 単純型リングせん断試験機の開発

愛媛大学大学院 学会員 沖野敦

愛媛大学工学部 正会員 二神治

神戸大学大学院 学会員 池西康博

### 1. はじめに

地すべりに規模の大小があり、土の強度(ピーク強度と残留強度)に着目して考える必要がある。特に残留強度を室内実験で評価するためには、大きなせん断変位を要する。そこで開発されたのが一面型リングせん断試験機であるが、せん断面を規定している等の問題点がある。実際の地すべりを考えると、供試体のせん断面を規定せずせん断させる必要がある。

本研究では、上記の事を改善すべく、一面型とは拘束条件が異なる試作段階の単純型リングせん断試験機の開発に取りかかった。現段階での試験機の性能把握と、双方の拘束条件の違いがどのようにせん断強度へ影響を与えるかを検討した。性能把握としては、3つのテーマを立て、試験を行った。テーマについては、4節の試験結果に示す。

### 2. 試験機概要

#### 1) 単純型・一面型リングせん断試験機の共通点

寸法は、外径 120mm、内径 80mm である。載荷部の間には O リングが装着されており、試料のはみ出し防止と、試験機の摩擦低減をはかっている。上載荷重は低摩擦型空圧シリンダーによって与えられ、せん断は下部リングを回転させることにより行われる。供試体の層厚は 10~25mm が可能で、供試体形状は、ドーナツ上になっており、無限のせん断ひずみを与える事が可能である。せん断を排水状態で行うため、上下に排水孔が設けられている。

#### 2) 単純型リングせん断試験機(以下単純型)

せん断容器部は、積層状のものを最大層厚約 1~20mm まで積み重なっており、積層リングの周囲にガイドケーシングを装着している。また、せん断時に積層リングが浮くのを抑える構造である。せん断面は積層になっているため、せん断箇所は供試体の自由面、すなわち弱面で形成される。積層リングの厚さは 1.0・0.7・0.5mm の 3 種類とした。

#### 3) 一面型リングせん断試験機(以下一面型)

せん断容器の間に O リングが装着されており、載荷部と同一の役割をなしている。せん断面は試験機の最下部から 5mm のところで規定している。

本研究の試験方法だが、供試体は、脱イオン水で液性限界以上の高含水比で繰り返し、脱気した後、せん断容器に流し込んだ。供試体の上下には排水促進及び試料の漏れ防止のためペーパードレーンを取り付けてある。そして、段階的に垂直応力を作用させ所定の応力まで圧密した。圧密終了は圧密沈下量 - 時間曲線より確認した。圧密終了後、せん断を行った。圧密圧力は、98・196・294kPa の 3 段階載荷で、せん断抵抗はロードセルで測定し、残留状態に達したことを確認後にせん断終了とした。せん断強度のピーク状態に対するせん断抵抗角を  $\phi_d$ 、残留状態に対するそれを  $\phi_r$  とする。尚、粘性土では  $\phi_r$ 、砂質土は  $\phi_d$  で検討を行った。せん断速度に関しては、0.36mm/min とした。

### 3. 試料・試験条件

試料には、豊浦標準砂、ベントナイト、カオリンを使用した。豊浦標準砂については、土粒子の密度が 2.617g/cm<sup>3</sup>、最大粒径が 0.425mm で 99% が中砂分のものと、75  $\mu$ m ふるい通過分の 2 種類用いた。ベントナイト、カオリンについては、市販のものをを使用した。ベントナイトはナトリウム型である。

### 4. 試験結果

#### 4.1 せん断速度の違いによるせん断強度への影響

供試体には、カオリン質量 80g に脱イオン水 100g を加えて繰り返したものをを用いた。せん断速度は、0.05・

0.36・1.16mm/min の3段階の変位速度で試験を行った。試験結果を図-1に示す。せん断速度の違いによる残留強度の変化は見られない。この結果については、単純型と一面型は、同様な試験結果を示している。一面型と単純型のせん断速度は残留強度に影響を与えないと考えられ、せん断速度は0.5mm/min以下にすれば良いという結果が得られた。

4.2 試料厚さの違いによるせん断強度への影響

供試体には、豊浦標準砂 75 μm 通過分とカオリンを乾燥質量比 50%で混合したものをを用いた。供試体の高さを5種類用意して試験を行った。試験結果を図-2に示す。単純型では、試料厚さが10mmのところ強度の低下が見られる。これは、層厚が10mm未満だと一面型に近い状態でせん断されたため強度が大きくなったと考えられ、層厚が10mmをこえると単純せん断的な挙動をとったと考えられる。つまり、単純型の場合供試体高さを10mm以上確保する必要がある。

4.3 積層リング厚の違いによるせん断強度への影響

供試体には、豊浦標準砂を用いた。ここでは、一面型と単純型のせん断強度について検討する。初期状態は、一面型、単純型とも相対密度は80%である。試験結果を図-3,4、表-1に示す。ピーク強度については、一面型に比べ単純型の  $\phi$  は低い値となっている。また、単純型の積層リングの違いで比較すると、積層リングが薄くなるにつれ、 $\phi$  が低下している。残留強度では、ほとんど差が見られないが、傾向としては、ピーク強度と類似している。積層リングが薄くなるとせん断面箇所が多くなると予想でき、弱面から弱面へのせん断面の移動が繰り返され、せん断強度が低下したと考えられる。また、試験機の摩擦力とせん断時に発生する摩擦力を同時に測定している可能性があり、特に一面型では、その影響が現れたと考えられる。

また、単純型の積層リングの違いで比較すると、積層リングが薄くなるにつれ、 $\phi$  が低下している。残留強度では、ほとんど差が見られないが、傾向としては、ピーク強度と類似している。積層リングが薄くなるとせん断面箇所が多くなると予想でき、弱面から弱面へのせん断面の移動が繰り返され、せん断強度が低下したと考えられる。また、試験機の摩擦力とせん断時に発生する摩擦力を同時に測定している可能性があり、特に一面型では、その影響が現れたと考えられる。

三軸圧縮試験から得られている標準砂の  $\phi=約 40^\circ$  と比較すると、本研究では、積層リング厚 1mm が妥当である。これは、試料の粒径によって積層リングの厚さを変えて試験を行う必要性が伺える。また、せん断面の拘束条件の違いがせん断強度に大きく影響していると考えられ、これについては、今後検討が必要である。

三軸圧縮試験から得られている標準砂の  $\phi=約 40^\circ$  と比較すると、本研究では、積層リング厚 1mm が妥当である。これは、試料の粒径によって積層リングの厚さを変えて試験を行う必要性が伺える。また、せん断面の拘束条件の違いがせん断強度に大きく影響していると考えられ、これについては、今後検討が必要である。

5. まとめ

本研究では、単純型リングせん断試験機の開発ということで、下記の事が考えられる。

- 1) 残留強度はせん断速度の影響を受けない。
- 2) 単純型では、試料厚 10mm 以上が望ましい。
- 3) 試料の粒径によって、スリップリング厚を変えて試験を行う必要がある。

上記の事が把握できたが、試験時にスリップリングが浮き、試料が隙間に入り込む等の問題点も挙げられる。今後は、本研究と同様な試験を多くの試料で行い、試験機の改善を目指す必要がある。

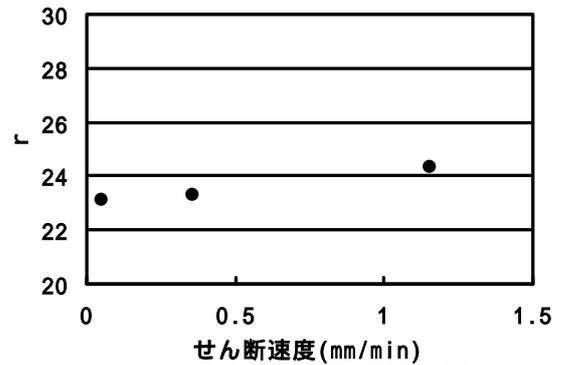


図-1 せん断速度と r の関係

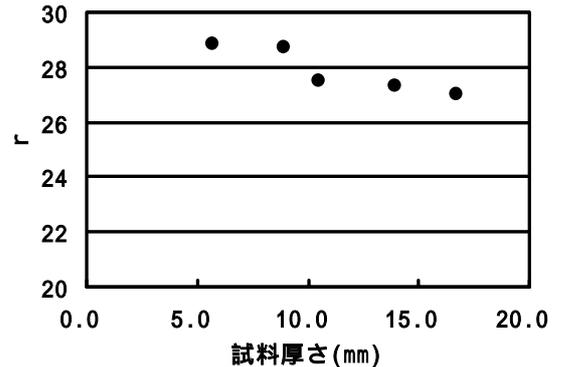


図-2 試料厚さと r の関係

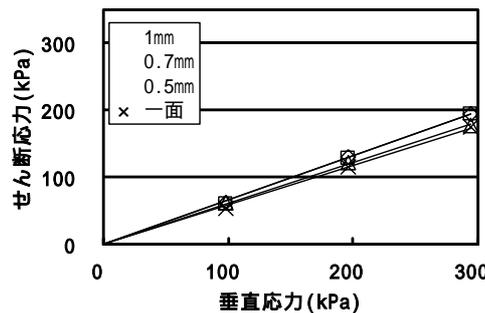


図-3 残留時の応力関係

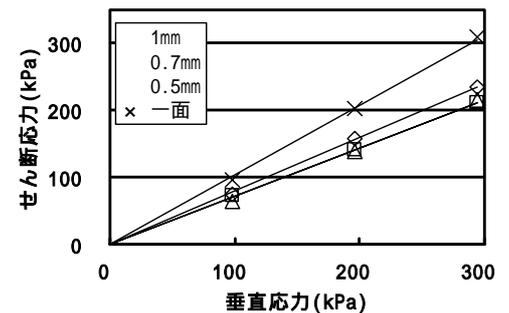


図-4 ピーク時の応力関係

表-1 拘束条件とせん断抵抗

せん断抵抗角	$\phi$	r
一面	45.95	30.59
1mm	38.89	33.73
0.7mm	35.55	33.22
0.5mm	35.46	31.66