

## 一面せん断試験装置を用いた不飽和土の力学特性に関する一考察

鹿児島大学大学院 学生員 ○横山真之 川畑誠  
鹿児島大学工学部 正員 北村良介 久澤瞳

### 1 はじめに

シラス斜面は豪雨時にたびたび崩壊を起こしている。シラス斜面崩壊の大多数は表層すべり型であり、その表層の厚さは、数十 cm 程度である。崩壊の要因の1つとして含水比の増加に伴う見掛けの粘着成分の低下があげられる。表層すべり型斜面崩壊を想定した安定解析を行うためには、低拘束圧下におけるせん断強度パラメータの見掛けの粘着成分  $c$ 、内部摩擦角  $\phi$  を求めることが必要となる。本報告では不飽和土用一面せん断試験装置を用いてサクシオンを制御した低拘束圧下の圧密定体積一面せん断試験を行い、含水比の変化に伴う見掛けの粘着成分  $c$ 、内部摩擦角  $\phi$  の変化を調べている。

### 2 不飽和土用一面せん断試験装置

図-1 に不飽和土用一面せん断試験装置（型式：DAT-197）の概略図を示す。本試験装置では間隙空気圧と間隙水圧を制御することにより、サクシオンを制御した一面せん断試験を行うことができる。せん断箱はセル室内の設置台に固定され、垂直力を上面から载荷する形式になっており、上箱を固定し、下箱を可動させる事でせん断を行っている。供試体上部にはポーラスストーン付き加圧板、供試体下部にはセラミックディスク付きペダスタルを設置した。また、せん断力载荷装置（DC サーボモーター）を用いて、せん断速度を  $0.002 \sim 2.0 \text{ mm/min}$  の範囲でせん断させることが可能となっている。

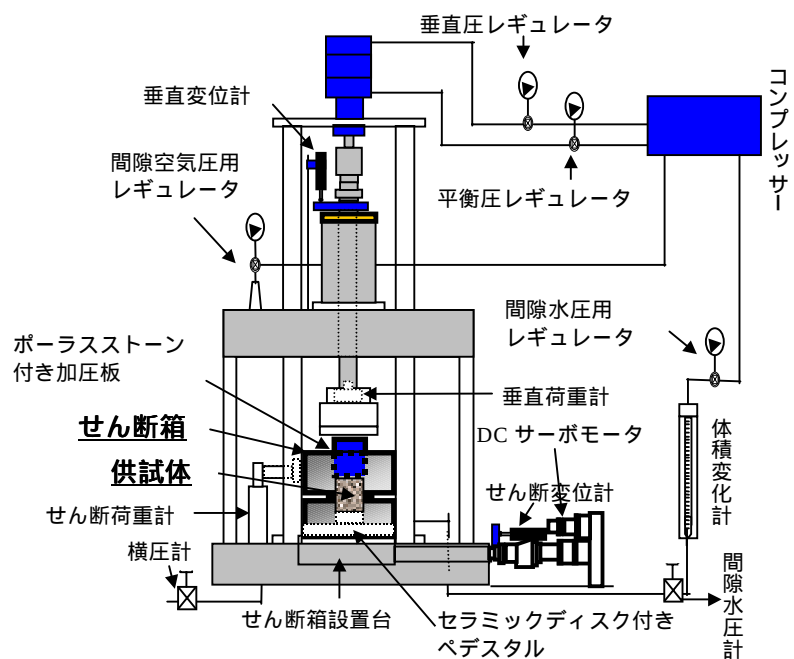


図-1 不飽和土用一面せん断試験装置の概略図

垂直荷重計は図-1 のように加圧軸に取り付けてある。せん断荷重計はセル室内に設置しており、上部せん断箱に固定している。垂直荷重計、せん断荷重計、共に最大測定荷重は  $2 \text{ kN}$  である。垂直変位計及びせん断変位計は  $\pm 25 \text{ mm}$  まで測定可能である。間隙空気圧は横圧計により測定し、間隙水圧は間隙水圧計により測定する。横圧計、間隙水圧計、共に最大  $1 \text{ MPa}$  までの測定が可能である。

### 3 圧密定体積一面せん断試験の概要<sup>1)</sup>

試料は鹿児島県日置郡松元町で採取したシラスで、 $0.85 \text{ mm}$  ふるいを通したものをを用いている。供試体はせん断箱内に試料を3段階に分けて投入し、締め固めを行い、直径  $6.0 \text{ cm}$ 、高さ  $3.5 \text{ cm}$  になるように作製している。試験手順は、圧密試験とせん断試験から成り立っている。せん断試験は、圧密過程、サクシオン制御過程、せん断過程から成り立っている。

圧密試験は、圧密後間隙比が一定の値をとるように前もって行っておく予備試験であり、試験結果から供試体の初期間隙比及び初期質量を求める。圧密過程では、圧密試験より得られた供試体の質量にあわせて供試体を作製し、圧密応力  $30, 50, 80, 100 \text{ kPa}$  付近に設定して  $15$  分間圧密を行う。圧密終了後、圧密定体積一面せん断試

キーワード：不飽和土、シラス、一面せん断試験、サクシオン

連絡先：鹿児島県鹿児島市郡元一丁目 21-40 工学部海洋土木工学科 TEL 099-285-8473 FAX 099-258-1738

験を行っているため加圧軸を固定している。サクシオン制御過程では、供試体が所定のサクシオン値（ $=u_a - u_w$ ）になるように間隙空気圧（ $u_a$ ）及び間隙水圧（ $u_w$ ）を制御し、平衡状態（吸・排水量が0.01ml/hour 以下の状態）になるまで放置させる。せん断過程では、せん断速度 0.2mm/min で、せん断変位量が 7mm になるまでせん断を行っている。

#### 4 試験結果及び考察

図-2 にせん断過程におけるせん断応力と垂直応力の変化、供試体の間隙比を示す。供試体は圧密後間隙比を一定（1.43、1.40）になっている。

垂直応力 - せん断変位の関係を見ると、垂直応力は一旦減少してから増加しているが、圧密応力が小さいとその様子は、はっきりとは見られず垂直応力は増加し続けている。せん断応力 - せん断変位の関係を見ると、すべてにおいてせん断応力のピークは確認できなかった。また  $S_u=8\text{kPa}$  では圧密応力 30kPa のせん断応力が小さく、他は同じになった。 $S_u=10\text{kPa}$  では圧密応力 100kPa のせん断応力が大きく、他は同じになった。 $S_u=20\text{kPa}$  では圧密応力によらずせん断応力はほぼ同じになった。このことから低拘束圧下では圧密応力に依存したせん断応力の変化傾向は見られず、過圧密粘土のような挙動をしているのではないかと考えられる。

$S_u=8\text{kPa}$  のときのせん断強さ約 68kPa、 $S_u=10\text{kPa}$  のときのせん断強さ約 65kPa、 $S_u=20\text{kPa}$  のときのせん断強さ約 55kPa となっている。圧密後間隙比一定であるので  $S_u=20\text{kPa}$  のせん断強さが最大になると考えていたが、結果は逆で  $S_u=8\text{kPa}$  のせん断強さ最大になった。これは供試体作製時の含水比が異なっていたため、締固めのエネルギーの違いがせん断強さに影響したためであると考えられる。供試体作製時の含水比を一定にし、サクシオンを制御することのみで含水比を変化させていくことが不飽和土のせん断特性の解明には適しているのではないかと考える。

#### 5 今後の課題

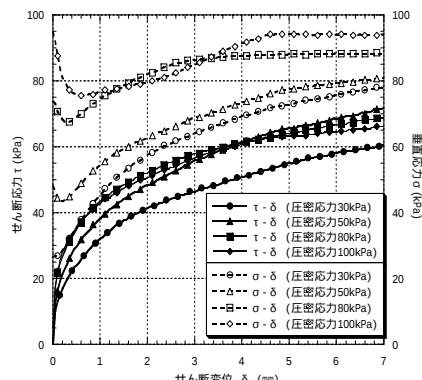
サクシオンを制御するにあたり供試体は吸水過程で所定のサクシオンにしている。サクシオンを制御するときせん断直前の不飽和状態に吸水過程で達するか、排水過程で達するかにより同じサクシオンでも含水比が異なる。今後はその影響を調べていきたい。

今回、サクシオンを制御した一面せん断試験行ったが多くの問題が出てきた。これから問題点を解決し、そして含水比と見掛けの粘着成分の関係を定量的に明らかにしていきたいと考えている。

本研究に対して科研費（地域連携：No.12792009，基盤（B）：No.13450196）の援助を受けた。また足利工大の西村友良先生には試験手順に関して指導をいただいた。ここに謝意を表します。

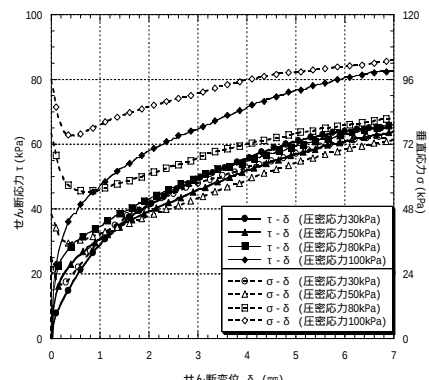
#### <参考文献>

- 1) 地盤工学会 土質試験の方法と解説 第一回改訂版 第7編 第4章 一面せん断試験 pp.563～600, 2000



| 圧密応力   | 初期間隙比 | 圧密後間隙比 |
|--------|-------|--------|
| 30kPa  | 1.45  | 1.43   |
| 50kPa  | 1.45  | 1.42   |
| 80kPa  | 1.46  | 1.43   |
| 100kPa | 1.46  | 1.43   |
| 平均     | 1.46  | 1.43   |

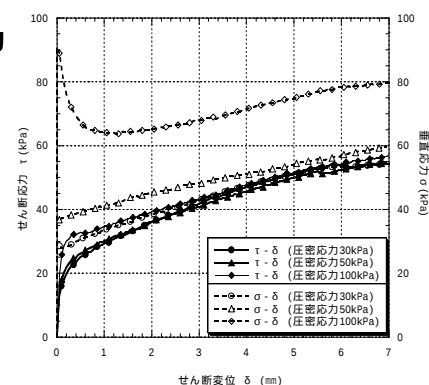
(a)  $S_u=8\text{kPa}$ ,  $e=1.43$



| 圧密応力   | 初期間隙比 | 圧密後間隙比 |
|--------|-------|--------|
| 30kPa  | 1.43  | 1.40   |
| 50kPa  | 1.43  | 1.40   |
| 80kPa  | 1.43  | 1.39   |
| 100kPa | 1.44  | 1.40   |
| 平均     | 1.43  | 1.40   |

(b)  $S_u=10\text{kPa}$ ,  $e=1.40$

図-2 せん断過程におけるせん断応力と垂直応力の変化および供試体間隙比



| 圧密応力   | 初期間隙比 | 圧密後間隙比 |
|--------|-------|--------|
| 30kPa  | 1.48  | 1.43   |
| 50kPa  | 1.49  | 1.44   |
| 100kPa | 1.51  | 1.43   |
| 平均     | 1.49  | 1.43   |

(c)  $S_u=20\text{kPa}$ ,  $e=1.43$