## せん断応力載荷型せん断試験による高有機質土の強度特性

〇秋田大学 正会員 荻野俊寛 秋田大学 正会員 及川 洋

北大大学院 フェロー 三田地利之 秋田高専 正会員 対馬雅己 秋田大学 非会員 伊藤圭彦 -

# 1. はじめに

室内試験で高有機質土のせん断強さを求める場合,ほとんどの場合一軸圧縮試験が用いられているが,しばしば 試験中に脱水が生じるなど,要素試験として重大な問題を抱えている.本論文はせん断中の供試体体積を制御でき る,一面せん断試験装置およびリングせん断試験装置を用いて高有機質土の強度特性について検討したものである.

#### 2. 実験

# 2.1. 試料

試料は秋田市郊外から採取した高有機質土で,蒸留水を加えて練り返し,スラリー状にしたものを用いている. 試料の物性値は,土粒子の密度 $\rho_s$ =1.64g/cm<sup>3</sup>,強熱減量 $L_{ig}$ =76.5%,分解度 H=75.5%であり,比較的繊維質の少ない,分解の進んだ試料である.

### 2.2. 実験概要

実施した試験は一面せん断試験およびリングせん断試験であり、両試験装置とも定体積せん断、定圧せん断を自動で制御可能である.供試体断面は一面せん断試験の場合、一辺 70mm の正方形、リングせん断試験の場合、外径 *r*<sub>a</sub>=60mm、内径 *r*<sub>i</sub>=30mm のリング形である.

ー面せん断,リングせん断試験ともスラリー状の試料をせん断箱(リング)内で所定の圧密応力( $\sigma_{w}$ )=20,40,60,80kPa)で48時間圧密し、その後せん断速度 0.1mm/minで、一面せん断試験では11mm、リングせん断試験では150°までせん断した.以上の試験を定体積、定圧それぞれのせん断条件のもとで行った.なお、上下せん断箱(上下リング)の隙間はすべての実験で 0.2mm とした.

#### 3. 実験結果及び考察

図 la は定体積せん断試験について,図 lb は定圧せん断試験についてそれぞれせん断応力-変位関係を示しており、リングせん断試験、一面せん断試験の結果を併せて示している.なお、リングせん断試験についてはせん断応力τ, せん断変位 *d* を下式によって計算している.

$$\tau = \frac{3T}{2\pi (r_o^3 - r_i^3)}, \quad d = \frac{(r_o + r_i)}{2}\theta$$

ここに、Tはトルク、 $\theta$ は回転角度である.同一圧密応力における 両試験の強度を比較すると、特に定体積せん断試験(図 la)で一面せん 断試験の方が大きな強度を示している.リングせん断試験の結果に着 目すると、定圧せん断試験(図 lb)では高有機質土に特徴的な、ピーク 強度を示さず $\tau$ が増加し続ける、ひずみ硬化型の形状を示しているのに 対し、定体積せん断試験(図 la)では d=10mm 付近でピーク強度を示し た後、 $\tau$ が減少する、ひずみ軟化型の挙動を示している.これらの傾向 は圧密応力 $\sigma_{v0}$ が大きくなるにつれて顕著になっている.一方、一面せ ん断試験では定体積せん断試験においてピーク強度が確認できる結果 も一部あるものの、全体としてはこのような傾向は明確には認められ ない.一般に高有機質土では一軸、三軸試験を含め、ほとんどの場合 このようにピーク強度を示さないため、定体積リングせん断試験の結 果は特に注目される.

図 2a, b はそれぞれ図 1a, b に対応する実験の有効応力経路を示している. 定体積せん断試験の有効応力経路(図 2a)は一面せん断試験とリングせん断試験で異なっており,一面せん断試験ではリングせん断

キーワード:高有機質土,一面せん断試験,リングせん断試験,強度定数 〒010-8502 秋田市手形学園町1-1 TEL:018-889-2364 FAX:018-837-0407





試験よりも垂直有効応力 $\sigma_{v}$ ?の減少が少なく,経路が上方に直立する ような形状をしている.さらに $\sigma_{v0}$ ?が小さい場合には破壊線の付近で ダイレイタンシー性状が逆転し, $\sigma_{v}$ ?が増加する傾向が見られる.図 3 は粘性土試料に対して,定体積条件における両試験の応力経路を 示したものであるが,このような有効応力経路の違いは粘性土試料 では認められず,高有機質土に特有であることがわかる.

定体積せん断試験から得られる Coulomb の強度定数 c',  $\phi'$ につい て,図 2a にせん断応力最大( $\tau_{max}$ )時で定義した  $c_1$ ',  $\phi_1$ 'およびせん断 応力比最大(( $\tau/\sigma_v$ ')<sub>max</sub>)時で定義した  $c_2$ ',  $\phi_2$ 'の値を示している. これ らの強度定数はいずれの方法で定義した場合でも試験の種類による 差はほとんどなく、非常に近い値を示している. c'に関して、特に リングせん断試験では  $c_1$ ',  $c_2$ 'いずれの値も 0 として問題ない範囲で ある. 一方、全応力に基づく強度定数  $c_{cu}$ 、 $\phi_{cu}$ は図 2a においてそれ ぞれ直線の切片および傾きで表される.  $\phi_{cu}$ は一面せん断,リングせ ん断試験でほぼ等しいが、 $c_{cu}$ は一面せん断試験で約 10kPa となって いるのに対し、リングせん断試験ではその値は小さく、c'同様 0 と して差し支えないと判断できる.

次に定圧せん断試験から得られる強度定数  $c_d$ ,  $\phi_d$ を見ると(図 2b 実線), せん断打切り時(有効応力経路の頂点)で定義した場合, 一面 せん断, リングせん断試験の間には開きが見られ, リングせん断試 験による ø が大きい値を示しているが、そもそも定圧せん断試験で は図 1b に示されるように応力-変位関係がピークを示さず増加し 続けるため,図 2bの有効応力経路の頂点は上方に伸び続けることに なり、 $c_d$ 、 $\phi_d$ は明らかにせん断の打切り変位に影響を受ける.仮に リングせん断試験のせん断打切りを一面せん断試験と等しくして比 較すれば(図中口印), c<sub>d</sub>,  $\phi_d$ はほぼ等しくなることがわかる. 定圧せ ん断中の供試体の間隙比変化(図4)をみると、リングせん断試験のせ ん断打切り時における間隙比は、せん断開始時よりもおよそ1程度 も小さく、一面せん断試験と比べると、打切り変位の違いから、間 隙比の減少量は約5倍にも及んでおり,図1bに示されるひずみ硬化 は主に定圧せん断中の間隙比の減少によると考えられる. このよう な大きな間隙比の減少はとりもなおさず高有機質土特有の卓越した 圧縮性によるものであるが、結果として $c_d$ 、 $\phi_d$ の値にも影響を及ぼ しているものと解釈される.

## 4. 結論

高有機質土の室内強度試験として、せん断応力載荷型せん断試験 の適用の可能性を示した.本論文から得られた知見は以下のように まとめられる.



- リングせん断試験のせん断応力-変位関係は定圧せん断試験ではひずみ硬化挙動を示したが、定体積せん断試 験ではせん断変位 10mm 程度でピークを示した.一面せん断試験の場合、構造上せん断変位に限界があること から、明確にピーク強度を確認できなかった.
- 一面せん断、リングせん断の定体積せん断試験における有効応力経路は異なったが、両試験の有効応力に基づく強度定数 c'、 φ'はせん断応力最大時、せん断応力比最大時のそれぞれでほぼ等しい値となった.一方、 φ<sub>d</sub>は 定圧せん断試験中のひずみ硬化のため、せん断打切り変位に大きく依存していることがわかった.