

飽和粘性土におけるせん断履歴載荷で生じる弾性限界曲面について

長岡技術科学大学大学院 学 酒井直樹
長岡技術科学大学 正 豊田浩史
西沢工業 西沢孝志

1. はじめに

地盤は、常に三次元的な複雑な応力を受け異方性を生じている。そうした地盤の強度は、現在の地盤の応力状態だけでなく、過去の応力状態にも強く影響を受けることが知られている。そのような応力状態の変化が変形特性に及ぼす影響を定量的に評価するために、初期応力状態(せん断履歴に相当)を様々な設定し、せん断試験を行う必要がある¹⁾。本研究では、飽和粘性土に対して中空ねじりせん断試験を用いて、主応力方向の回転を鉛直軸からの傾き α 、中間主応力係数 $b=(\sigma_2 - \sigma_3)/(\sigma_1 - \sigma_3)$ という2つのパラメータを使用することにより、せん断履歴の条件を様々な変化させた供試体において一定せん断条件($\alpha=45^\circ$, $b=1$)で試験を行った。

2. 試験の概要

2-1. 試料

本試験に用いた試料は、新潟県柏崎市米山付近より採取した粘性土であり、そのうち、 $840\mu\text{m}$ のふるいを通過したものを使用した。その物理的性質を、以下に示す。

Table 1 米山粘性土の物理的性質

ρ_s (g/cm^3)	WL (%)	Wp (%)	I_p	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)
2.76	52.4	29.9	22.5	23.6	57.0	19.4

2-2. 試験機

試験機は、中空ねじりせん断試験装置を用いた。用いる供試体は、スラリーより予圧密して、縦16cm、内径5cm、外径8cmの中空円筒状に整形したものである。供試体には内圧、外圧、軸力、トルクを載荷することにより、複雑な条件での応力状態を再現することができる。これらに加え、排水量、体積変化などもコンピュータで自動計測し、応力、ひずみを自動制御することで試験を行った。

2-3. 試験過程

試験は、次のような過程を経て行われた。

(1) 等方圧密過程：有効応力100kPa、圧密時間は、3t法より決定した。

(2) 履歴載荷過程：偏差応力 $q=60\text{kPa}$ になるまで、 P' =一定で載荷を行い、その後除荷する。

(3) せん断過程：最大主応力方向 $\alpha=45^\circ$ 、 $b=1.0$ の条件のもと、一定せん断ひずみ速度でせん断した。

試験時のパラメータを以下の表にまとめる。

Table 2 履歴を与えたせん断試験時のパラメータ

等方圧密	履歴載荷		排水せん断	
	α ($^\circ$)	b (b')	α	b
$p'=100$	45 (0) 22.5 (22.5) 0 (45) -22.5 (67.5) -45 (90)	0, 0.5, 1 (1), (0.5), (0)	45	1

3. 試験結果と考察

履歴の影響はせん断時の条件($\alpha=45^\circ$, $b=1$)を基準に、履歴時とせん断時の主応力方向の差 $\alpha'=45-\alpha$ 、中間主応力の差 $b'=1-b$ とした。Fig.1, 2より、各曲線の立ち上がりから傾きが変化する変曲点を(弾性)降伏点とし、 $\alpha'=b'=0$ の時の降伏点を q_{emax} と定義し、各々の降伏点の減少量を、 q_{emax} で正規化した弾性比(q_e/q_{emax})を用いて表した。

Fig.1, 2に、せん断特性(上)と体積変化特性(下)を示す。ここでVirgin shearとは、等方圧密後に履歴を与えずにせん断をしたものを表す。最初にせん断特性では、履歴を与えることにより、せん断時における弾性領域に影響を与え、 $\alpha'=0$ のときにもっとも拡大し、 α' が大きくなるにつれ弾性領域は小さく、virgin shearに近づく傾向がある。一方、 b' に

中空ねじりせん断試験、飽和粘性土、主応力方向、中間主応力、異方性、弾性

〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町1603-1 Tel:0258-47-1611 (内線6314) Fax: 0258-47-9600

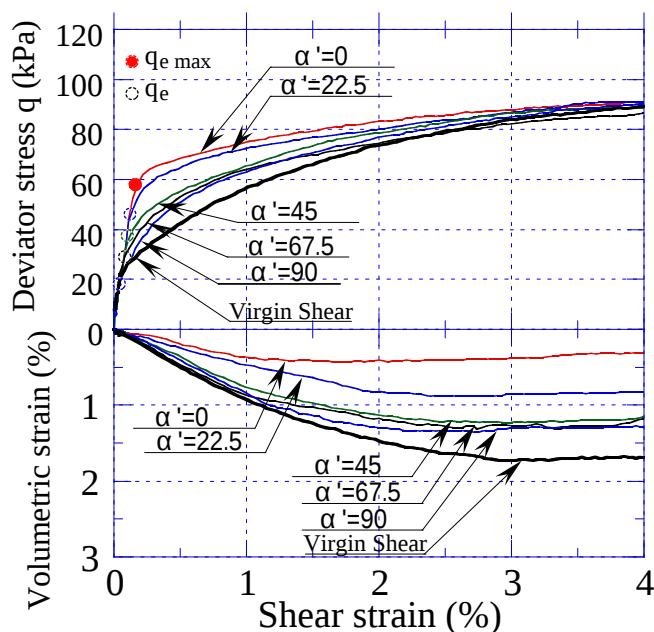


Fig.1 $b'=0$ の時のせん断特性と体積変化特性

よる影響は、 $b'=0$ の時最も弾性領域が拡大し、 $b'=1$ の時、最も弾性領域の拡大率は小さくなる。体積変化特性では、 $\alpha'=0$ の時、最も体積ひずみは減少し、 b' が大きくなるにつれ、体積変化量は変わらなくなる。残留強度は、 α 、 b による変化には影響を受けず、一定の値に落ち着く傾向があることがわかる。

この結果より、強度を弾性比で表し、 α' と b' についてまとめる。Fig.3 では、 α' が、大きくなるにつれ、減少していき、 $\alpha'=90^\circ$ の時、弾性領域がほとんど消失してしまう。 b' が変化しても同様の傾向にある。Fig.4 で b' が大きくなるにつれ線形で減少し、最大 45%の降伏点低下($\alpha'=45$)を生じることがわかる。 α' が変化しても同様の傾向を示す。

最後に Fig.5 は、弾性比と α' 、 b' を軸にとった三次元空間で異方性の影響を表現したものである。 $\alpha'=b'=0$ のとき、弾性領域は最も拡大し、 α' 、 b' による履歴の影響が弾性限界曲面を描くことがわかった。

4. まとめ

飽和粘性土において、履歴における主応力方向の変化と中間主応力による影響を、弾性比、 α' 、 b' を用いた弾性限界曲面を考えることにより、定量的に評価することができる。

<参考文献> 1) 福田・中村・三田地・澁谷:異なる主応力軸方向での中空ねじり排水せん断における正規圧密粘土の変形特性, 第 29 回土質工学研究発表会講演集, 571-574, 1994.

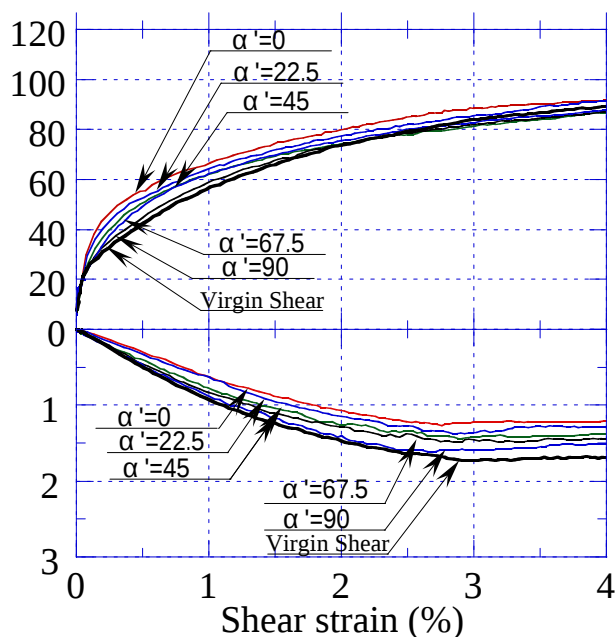


Fig.2 $b'=1$ の時のせん断特性と体積変化特性

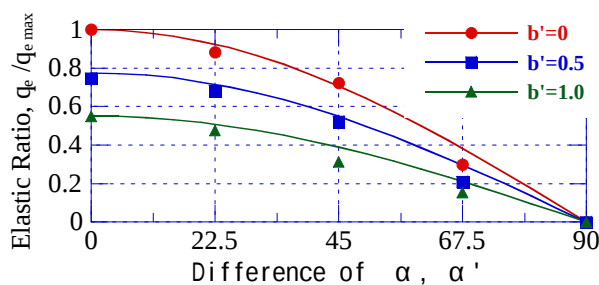


Fig.3 α' の変化に伴う降伏点の減少率

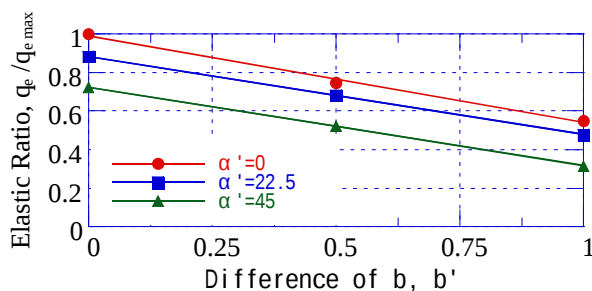


Fig.4 b' の変化に伴う降伏点の減少率

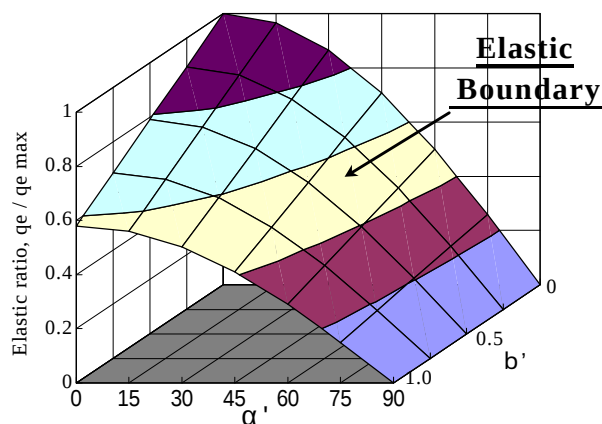


Fig.5 α と b の相互作用による弾性限界曲面