

誘導異方性により励起される飽和粘性土の弾性限界曲面の適合性

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
 (株)キタック 青池竜宜

1. はじめに

粘性土地盤は、過去の応力状態により 3 次元的な異方性の影響を強く受けることが知られている。このような異方性の影響を誘導異方性といい、その強度・変形特性に及ぼす影響¹⁾を統一的に評価するために、せん断履歴を様々に設定し、せん断試験を行う必要がある。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 つのパラメータを考慮し、有効拘束圧、応力比の影響、そして異なる種類の粘性土材料を用いることにより、せん断履歴により発現される弾性領域を統一的に説明できるかどうかを検討した。

2. 試験の概要

2-1. 試料

用いた試料は、次の 2 種類である。新潟県柏崎市米山付近より採取した粘性土（米山粘性土、粘土分含有量=23.5%、IP=22.5）と、市販されている HA カオリン（粘土分含有量=50%、IP=27）である。

2-2. 試験機

試験には、中空ねじりせん断試験装置を用いた。用いる供試体は、スラリーより真空中で脱気し、米山粘性土は約 50kPa、カオリンは約 70kPa で予圧密を行い、高さ 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。なお飽和度を高めるため、供試体セット後に二重負圧を行

い、試験中はバックプレッシャーとして 200kPa を加える作業を全試験で行っている。

(1) 等方圧密過程：所定の有効応力で圧密した。圧密時間は 3t 法より決定した。

(2) 履歴載荷過程：所定の偏差応力になるまで、 (α_h, b_h) の条件のもと、有効応力 $p' = \text{一定}$ で載荷を行い、その後除荷する。

(3) せん断過程： $(\alpha_s = 45^\circ, b_s)$ の条件のもと、一定せん断ひずみ速度（米山粘性土=0.0056%/min、カオリン=0.0014%/min）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 1 せん断試験時のパラメータ

case	p'	履歴載荷			排水せん断	
		q	α_h	b_h	α_s	b_s
Y2 (米山)	200	140	45 22.5 0 -22.5 -45	0, 0.5, 1	45	0.5
K1 (kaolin)	100	60	45 22.5 0 -22.5 -45	0, 0.5, 1	45	0.5

3. 試験結果と考察

α' の影響についての試験結果を、それぞれの条件で行ったものを Fig. 1, Fig. 2 に示す。ここで、せん断履歴時 (α_h, b_h) とせん断時 (α_s, b_s) の差をそれぞれ、 $\alpha' = |\alpha_s - \alpha_h|$ 、 $b' = |b_s - b_h|$ としてせん断履歴を受けた粘性土の変形特性の説明を試みた。ここでみられる弾性領域の拡大を、各曲線の変曲点を降伏点として評価²⁾し考察を行った。virgin shear とは等方圧密後に履歴を与えずにせん断したものを示す。履歴の影響はさきの virgin shear と比較することにより、その影響を捉えることができる。

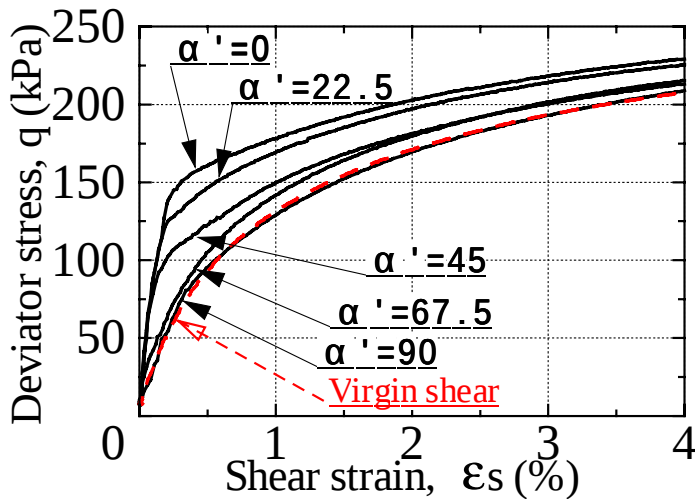


Fig. 1 $p'=200$ (Y2)の時のせん断特性

Fig. 1 では、米山粘性土に対して Y 2 の条件のもと、そして Fig. 2 では、カオリンに対して K 1 の条件のもと実験を行った。これらの結果より p' が一定のせん断履歴は強度に影響を与えないことがわかった。変形特性は、せん断履歴の方向とせん断方向が近い($\alpha'=0$)ほど大きな偏差応力まで弾性領域を維持し、これらの方向が直交したときは、即座に塑性変形が始まった。また、 b' の影響についても、値が小さいほど大きな偏差応力まで弾性領域を維持する結果が得られた。ただ、カオリン粘土の場合には、米山粘性土ほどは降伏点がはっきりしない傾向がみられた。

次に、求められた降伏点の値の変化を α' - b' - q 空間で描くことで履歴の影響を表現した。 α' - b' - q 空間内に、米山粘性土で、 $p'=100$, $q=60$ (応力比 $q/p'=0.6$) の条件のもとで行われた時の試験結果より提案された曲面²⁾を表現(黄色部分)し、今回行った試験の結果をプロットすると、K2, Y1 どちらの条件でも、その曲面上にほぼ適合することがわかった。

4. まとめ

飽和粘性土における誘導異方性の影響が α' - b' - q 空間内の曲面で表現でき、それは、拘束圧、応力比、そして粘性土の種類によらないことが示された。

<参考文献> 1) 福田・三田地・澁谷：練り返し粘土の変形および強度特性に発現する誘導異方性，地盤工学会論文報告集，Vol. 37, No. 4, 139-148, 1997.

2) 酒井・豊田・西澤：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，土木学会第 55 回年次学術講演会，-A64, 2000.

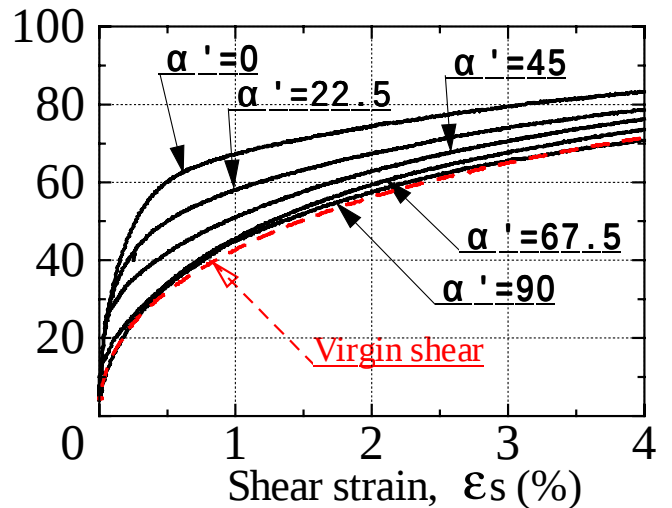


Fig. 2 $p'=100$ (K1)の時のせん断特性

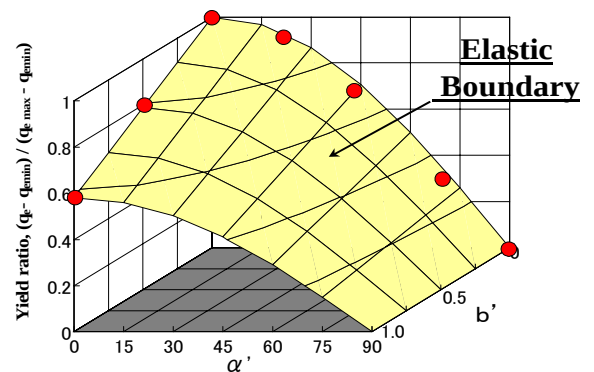


Fig. 3 求められた降伏点 (米山(Y2), $p'=200$) を α' - b' - q 空間にプロット(赤丸)したもの。

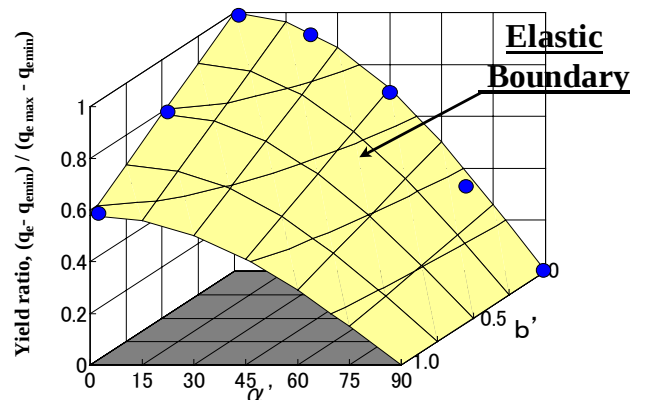


Fig. 4 求められた降伏点 (カオリン(K1), $p'=100$) を α' - b' - q 空間にプロット(青丸)したもの。