

せん断方法の違いによる過圧密粘性土の強度変形特性

静岡県庁 正会員 ○杉山 剛夫
東海大学工学部 正会員 杉山 太宏
東海大学工学部 正会員 赤石 勝

1. まえがき

切土斜面や掘削地盤の安定解析では、主に長期の安定性が問題となり有効応力法による検討が推奨されている。しかし、有効応力法では破壊時の間隙水圧の推定が困難であること、また、過圧密地盤では有効応力による強度定数の決定が難しいなどの理由から、全応力法による検討が行われることも多い。三田地ら¹⁾は、過圧密粘性土の非排水強度を簡便に予測する実験式を提案しているが、切土斜面や掘削地盤では、側方荷重が減少し破壊に至ると考えられるので、通常行われる軸方向に一定のひずみ速度でせん断する三軸試験とは、異なる応力経路をたどる。せん断方法の違いは変形係数に大きく影響し、強度にはほとんど影響しないとする報告がある^{2),3)}。しかし、その数は決して多くない。

本報告では、三軸試験におけるせん断方法の違いが強度変形特性に及ぼす影響について調べた。練返し飽和した関東ロームを異方(K_0)正規圧密および過圧密した後、通常の三軸圧縮試験(軸圧増加試験)と側圧を減少させ軸圧を一定に保つ三軸圧縮試験(側圧減少試験)を行い、両試験のせん断特性について比較し考察した。

2. 試料および実験方法

実験に用いた試料は、東海大学(神奈川県平塚市)周辺で採取した関東ロームで物理的性質を表-1に示す。液性限界の1.5倍の含水比で練り返した試料を、直径15cmのCBRモールドで上載圧29.4kPaにより

1週間予圧密したブロックから、直径5cm高さ10cmの円柱供試体を切出した。所定の圧力で24時間等方圧密した後、 $K_0=1-\sin\phi'$ (Jaky式)から推定した K_0 条件の応力状態となるよう軸荷重のみ載荷して24時間異方(K_0)正規圧密した供試体と、正規圧密後過圧密比 $OCR(=\sigma'_{v0}/\sigma'_v)=1.5, 2, 3, 4$ まで異方(K_0)除荷(除荷時の K_0 値 K_{0s} は $K_{0s}=K_0(OCR)^{1/2}$ から推定)した供試体により以下のCU試験を行った。①軸ひずみ速度0.15%/minで通常行われる側圧一定軸圧増加試験(以下①法)、②①法と同じひずみ速度でせん断しながら軸圧を一定に保つよう側圧を減少させる軸圧一定側圧減少試験(以下②法)、③0.98kPa/minの一定速度で側圧を減少させながら軸圧を一定に保つ軸圧一定側圧減少試験(以下③法)。なお、圧密過程から200kPaのバックプレッシャーを載荷し、B値はいずれも0.97以上であった。各試験は再現性を確かめるために2本以上ずつ行った。

3. 実験結果と考察

3.1 正規圧密・過圧密ロームのせん断挙動

図-1は、①法と③法による異方(K_0)正規圧密ロームの有効応力経路である。せん断方法によって限界状態線に達するまでの有効応力経路は異なり、軸圧増加による①法では有効応力比 $\eta=1.45$ 付近まで水圧の発生量が少ないのに対し、③法ではせん断初期から負のダイレイタンスが生じている。しかし、最終的な限界状態線CSLならびに

表-1 試料の物理的性質

ρ_s (kN/m^3)	ω_L (%)	ω_P (%)	Grading (%)		
			Clay	Silt	Sand
28.97	104.9	72.0	20.9	42.0	37.1

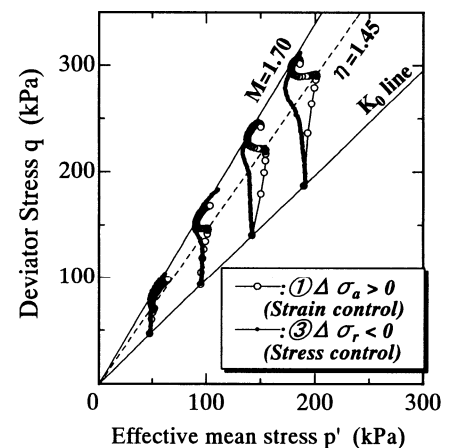


図-1 異方(K_0)正規圧密ローム

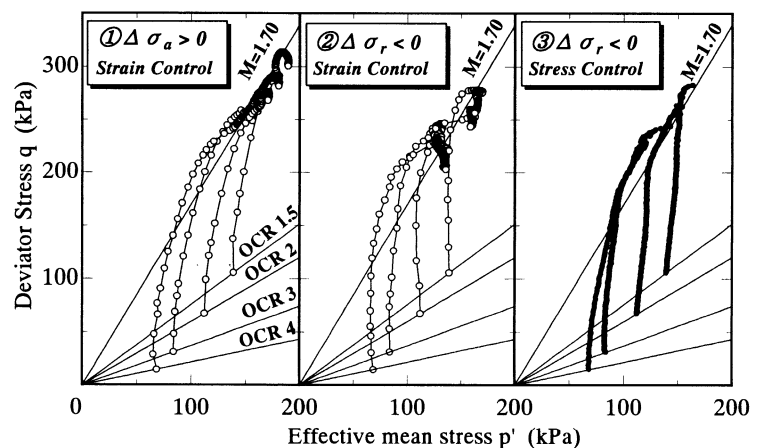


図-2 異方(K_0)過圧密ローム

Key Words : 斜面安定, 非排水強度, 変形係数, 関東ローム, 三軸圧縮試験

連絡先 〒259-1207 神奈川県平塚市北金目 1117 TEL 0463(58)1211 FAX 0463(50)2045

最大軸差応力にせん断方法の影響は現れない。

3通りのせん断方法で行った異方(K_0)過圧密ロームの有効応力経路が図-2である。各有効応力経路は、過圧密比の増加に伴い正規圧密の CSL を越える経

路をたどるが、最終的には CSL に到達している。しかし最大軸差応力は、側圧を減少させる②、③法が①法より小さくなっている。

①法と③法による正規・過圧密ロームの応力ひずみ関係を図-3に示した。図中の小図は、軸ひずみ1%までを拡大したものである。また、図-4は応力制御による③法の軸ひずみ速度とせん断時間の関係である。図-3から、過圧密試料では正規圧密と異なりせん断方法によって最大軸差応力に差があること、正規・過圧密によらずせん断初期の立ち上がり(変形係数)が異なることがわかる。しかし、③法による応力制御式のせん断試験では、破壊に至るまでのひずみ速度が図-4のように変化し、圧密圧力や初期応力状態によってせん断速度及びせん断時間に差が生じている。

せん断速度の違いは、非排水強度や変形挙動に影響するので更なる検討が必要であるが、ひずみ制御で行った②法の結果が③法に近いこと、正規圧密では強度に差がないことから、過圧密試料の非排水強度の違いは、せん断方法の違いによる結果と考えられる。

3.3 変形係数と強度増加率

せん断方法の違いは、変形特性に影響するとされるので³⁾、軸ひずみ0.1%における変形係数 E と OCR の関係を示したのが図-5である。各試験法の変形係数は、OCR=1.5 で最大値を示したのち減少するが、過圧密比に依らず②、③法の値が小さい。図-6、図-7は、それぞれ最大軸差応力 q_{max} の1/2として求めた非排水強度 c_u と軸方向有効応力 σ'_v ならびに強度増加率 c_u/σ'_v と OCR の関係である。両図から、過圧密試料ではせん断方法によって c_u に差が生じ、過圧密比が大きくなるほど c_u/σ'_v の差が増大することが明らかである。

4. まとめ

ひずみ制御と応力制御による側圧減少三軸試験から、せん断方法の違いは、既往の研究と同様、変形係数に影響する結果が得られた。さらに、側圧減少による繰り返した異方(K_0)過圧密ロームでは、通常のせん断方法より小さな強度を与えることが明らかとなった。

《参考文献》1) 三田地, 小野(1985): 過圧密状態の粘土の非排水強度推定法, 土と基礎, Vol.33, No.3, pp.21-28., 2) 竹村(1995): 講座. 変形と破壊のメカニズムその1, 土と基礎, Vol.43, No.1, pp.58-62., 3) 岡部, 鶴飼他(1996): 異方圧密した粘性土の拘束圧解放時のせん断特性, 第31回地盤工学研究発表会講演集, pp.871-872.

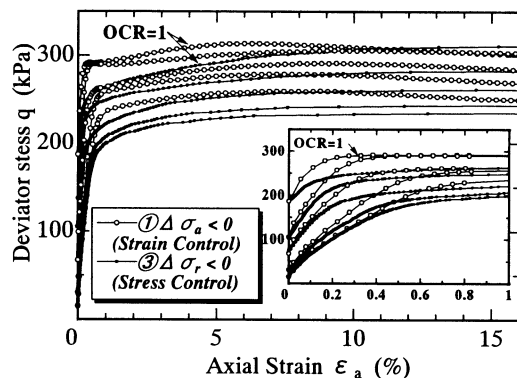


図-3 応力ひずみ関係

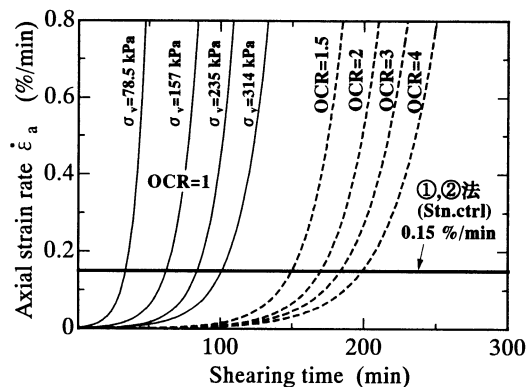


図-4 ③法のひずみ速度とせん断時間

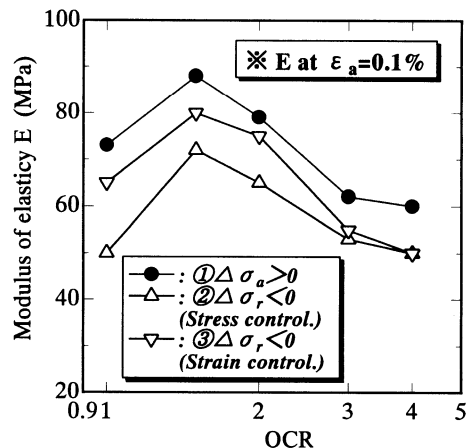


図-5 変形係数と過圧密比

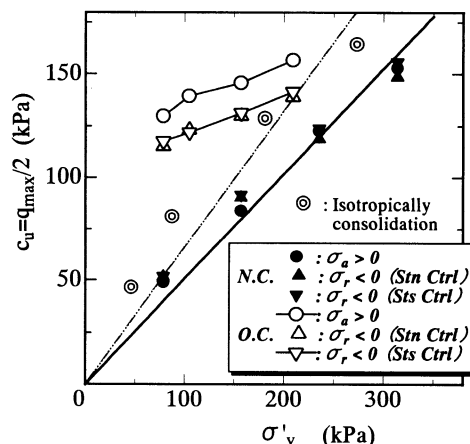


図-6 非排水強度と軸方法有効応力

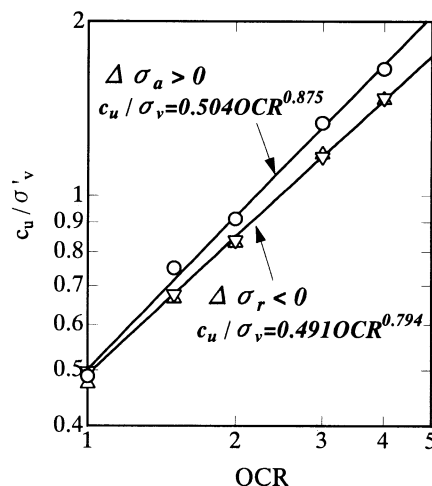


図-7 強度増加率と過圧密比