

JR 東日本 (株) 正 寒河江健也 東海大学 学〇五十畑修
金沢工業大学 正 外崎 明 東海大学 正 赤石 勝

1. まえがき

軟弱粘性土地盤に対する荷重直後の短期安定問題は、全応力法 ($\phi_u=0$ 法) で検討されることが多い。有効応力法 ($c'-\phi'$ 法) では、地盤内有効応力の算定に必要な過剰間隙水圧を正確に推定することが困難なためである。鉛直有効応力 σ_v' との比から求める粘性土の非排水強度 S_u を用いた全応力法の方が、有効応力法より簡単で信頼度が高いと考えられている¹⁾。

三田地らは粘土の S_u/σ_v' と過圧密比 OCR の関係式を提案している²⁾。また、著者らも S_u/σ_v' に対する二次圧密の影響を報告している³⁾。しかし、 S_u/σ_v' に関する多くの研究によると、せん断試験時の条件によって得られる S_u/σ_v' の値は大きく変化することが知られている⁴⁾。安定性の検討を必要とする実際地盤と非排水強度を推定する室内試験条件との対応が S_u/σ_v' を用いる全応力法では重要と考えられる。

この報告は、 K_0 正規圧密粘土を 5 種類の応力経路で除荷した過圧密粘土の非排水せん断試験結果から、過圧密時の応力状態と S_u/σ_v' 値の関係を考察している。

2. 試料および実験方法

東京郊外の宅地造成地で採取した粘土試料の物理的性質を Table1 に示した。

液性限界以上の含水比で練り返した粘土を一次元あるいは等方圧密容器に詰め、245kPa の圧力で予圧密した。予圧密後の粘土塊から高さ 12cm、直径 5cm の供試体を成形し、等方あるいは K_0 圧密条件下でそれぞれ 1 あるいは 2 日圧密した後、非排水せん断試験を実施した。 K_0 正規圧密供試体の一部は、等方あるいは Fig.1 に示す応力経路で異方的に除荷され過圧密供試体として非排水せん断試験を実施した。Fig.1 の黒丸印の位置から明らかのように、過圧密粘土の非排水せん断強度と鉛直有効応力の関係を調べるため、除荷経路の異なる過圧密供試体の過圧密比 OCR を共通にして、過圧密時の有効応力と非排水せん断強度の関係を調べた。全供試体には 98 kPa のバックプレッシャーを作用させ、非排水せん断時の軸ひずみ速度は 0.01 %/min である。

3. 実験結果と考察

3.1 除荷時の応力経路と間隙比

Fig.1 の A、F 点で K_0 あるいは等方圧密された正規圧密粘土を、各種応力経路で除荷した場合の間隙比の変化を Fig.2 に示した。除荷経路 AG の間隙比の変化は、等方除荷経路 FI の間隙比変化 κ 線に近い。AB 経路と K_0 除荷に近い AC 経路の間隙比の変化は、非線形性が顕著である。Fig.1 中に破線で示した Cam Clay モデルの降伏面 (Y.S.) 内への除荷にもかかわらず、AD、AE 経路の間隙比は減少している。過圧密粘土が弾性体として挙動するならば、平均有効応力一定の AE 経路では間隙比は一定であり、平均有効応力の減少する AD 経路では間隙比が増加する筈である。これら経路の間隙比変化から、降伏面内でも除荷時に負のダイレイタンスの影響があると思われる。また、降伏面内での有効応力変化で経路 AE、AD の間隙比が減少することは非排水せん断強度の増加に繋がり、最大有効主応力 σ_v' のみで過圧密粘性土の非排水せん断強度を定義し得ない可能性を意味していると考えられる。

Table1 Physical properties of clay

Gs	LL (%)	PL (%)	clay (%)	silt (%)	sand (%)
2.64	112.0	50.5	47.0	38.4	14.6

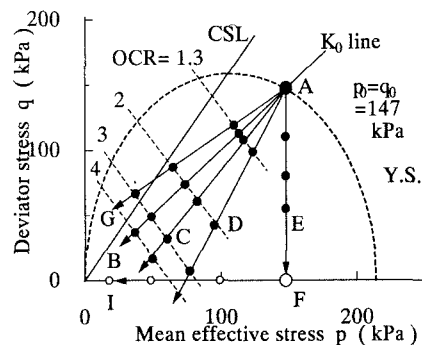


Fig.1 Effective stress for overconsolidated clay

Key word : 過圧密粘土, 非排水せん断強度, 軟弱粘性土地盤, ダイレイタンス

連絡先 : 〒259-1207 平塚市北金目 1117 東海大学土木工学科 TEL 0463-58-1211 FAX 0463-50-2045

3.2 過圧密比と非排水せん断強度

Fig.3 は、等方正規圧密ならびに等方過圧密粘土の非排水せん断試験における有効応力経路である。黒丸印で示した等方正規圧密粘土の有効応力経路は、実線で示した Cam Clay モデルの計算結果に良く一致している。等方正規圧密粘土に対する Cam Clay モデルの等方降伏面の適用性が認められる。等方過圧密粘土の降伏面内の有効応力経路も、せん断初期にはほぼ鉛直に立ち上がり弾性体のように挙動している。ただし、OCR の大きな供試体では、有効応力経路が限界状態線 CSL を越えてから右側に曲がり正のダイレイタンスが発生している。

Fig.4 に示した G、C、D 経路に除荷された異方過圧密粘土の有効応力経路は、非排水せん断中の正のダイレイタンスの発生が顕著であり、CSL に沿う形でせん断変形が進行している。D 経路で除荷した場合、間隙比が減少するためか OCR の増加に伴いせん断強度が増加するという興味深い結果が観察される。また、E 経路の平均応力一定で除荷した場合も、除荷に伴い間隙比が減少するため降伏面が拡大し、CSL に到達するまで有効応力経路は鉛直である。K₀ から除荷された異方過圧密粘土は、除荷後の有効応力によって複雑な非排水せん断挙動を示し、除荷に伴う非弾性挙動に影響されていることが観察される。

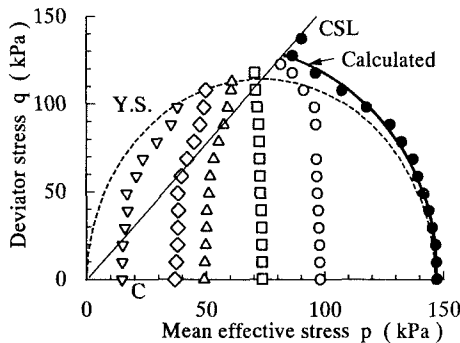


Fig.3 Undrained paths of isotropic consolidated clays

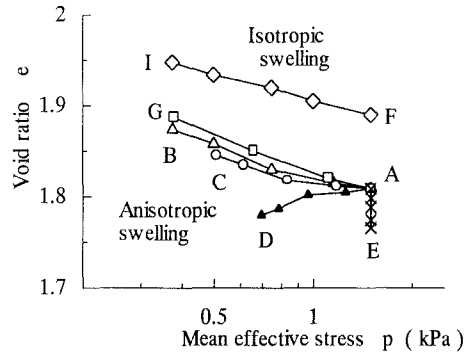


Fig.2 e-log(p) relations

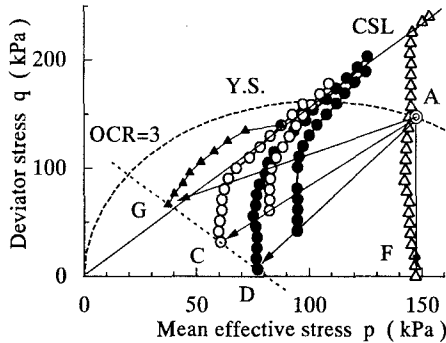


Fig.4 Undrained paths for overconsolidated clays

Fig.5 に S_u/σ_v' と OCR の関係を示した。従来から良く知られているように、等方ならびに K₀ に近い AC 経路では両対数紙上で S_u/σ_v' と OCR の間に比例関係が認められる。しかし、AC 経路以外の異方過圧密粘土では、過圧密時の有効応力により両者間には比例関係が存在しないようである。

4. むすび

異方過圧密粘土の非排水せん断強度は、最大有効主応力で定義する過圧密比 OCR のみでは十分表現できない。安定性を検討する過圧密地盤の有効応力状態が K₀ あるいは等方圧密状態にない場合、 S_u/σ_v' の値は小さくなり危険側の設計になる実験結果であるため、安定解析法とともに今後更に検討する必要がある。

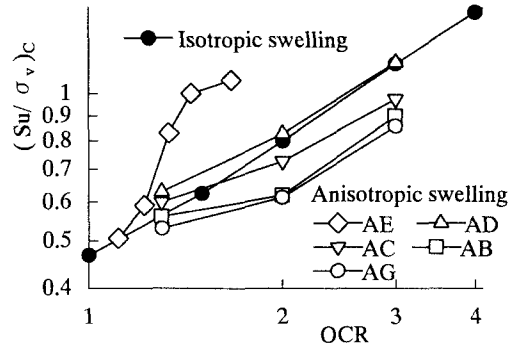


Fig.5 Relations of S_u/σ_v' and OCR

参考文献：1) 中瀬明男・小林正樹・勝野克 (1969)：圧密および膨張による飽和粘土のせん断強度の変化、港湾技術研究所報告、第8巻、第4号、pp.103-141。2) 三田地利之・小野丘(1985)：過圧密状態の粘土の非排水強度推定法、土と基礎、No.326, pp.21-28。3) 稲田信穂・赤石勝・寒河江健也(1981)：強度増加率に関する一考察、土質工学会論文集、Vol.21, No.1, pp.139-145。4) 柴田徹(1975)：飽和粘土の強度増加率 cu/p について、第20回土質工学シンポジウム論文集、pp.129-137。