

北海道大学大学院 学生員 ○ 古川 卓
北海道大学工学部 正 員 澁谷 啓
同 上 正 員 三田地利之
北海道大学大学院 学生員 細見 明彦

1 研究の目的

粘性土の応力・ひずみ関係の定式化には疑似弾性せん断剛性率 G_{max} が頻繁に用いられている。粘性土の場合、同じ圧密圧力のもとでも G_{max} は過圧密履歴に影響される。そのため、過去において正規圧密と過圧密状態の G を結び付ける試みがいくつかなされてきた。しかし、対象としている G が比較的大きいひずみにおけるものであったり¹⁾、定式化における仮定が、室内試験における実際の挙動とは異なるものであったりしている。そこで本研究では、室内再構成試験を用いて正規圧密飽和粘性土と等価な間隙比における過圧密状態の微小ひずみにおける疑似弾性せん断剛性率 G_{max} との関連を応力 p のみに着目して定式化することを目的とする。

2 試料

本研究に用いた試料は市販のNSF-カオリン粘土である。表-1にその物性値を示す。

表-1 試料の物性値

W _L (%)	W _p (%)	IP	ρ_s (g/cm ³)
54.3	28.1	26.2	2.78

試料を鉛直荷重130kPaで一次元的に予圧密した後、 $H=10\text{cm}$ 、 $D=5\text{cm}$ の円柱形に成形して供試体とした。

3 試験条件

本研究においては多機能全自動三軸試験装置²⁾を用い、1本の供試体に対してまず1段階目における有効圧密圧力 p まで等方圧密(背圧=200kPa)を行い3t法で圧密打ち切り後、非排水条件で繰り返しせん断ひずみ $\gamma_{SA}=3 \times 10^{-5}$ 、 $f=0.1\text{Hz}$ の三角波をひずみ制御で11回与えた。その後順次 p を増加させ、各段階の圧密打ち切り後に同じ条件で繰り返しせん断試験を行った。また膨張過程においても同様に等方応力状態で p を減少させ、圧縮過程と同様に各段階において同条件で繰り返しせん断試験を行った。また、以下で述べる G は等価せん断剛性率 G_e のことである。最大有効圧密圧力(p_{max})は300, 400, 500kPaと変化した。

4 試験結果及び考察

① 間隙比～圧密圧力関係について

図-1は各段階の圧密、膨張終了後における $e \sim \ln p$ 関係である。

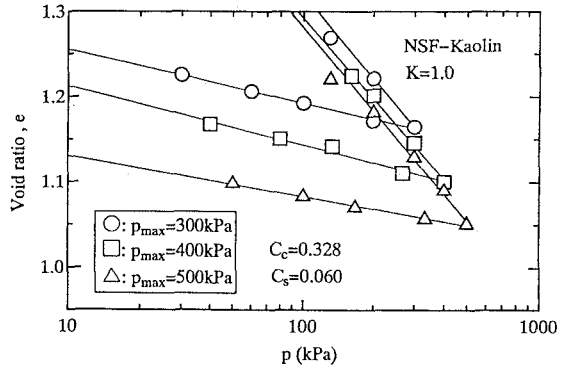


図-1 $e \sim \ln p$ 関係

図より明らかなように、等方応力による正規圧密線(NCL)及び膨張線(SL)は各々直線とみなすことができ、その傾き(C_c , C_s)もそれぞれほぼ等しく、 $C_c=0.328$, $C_s=0.060$ が得られた。これは、同試料を用いた標準圧密試験から得られた値とほぼ等しい。

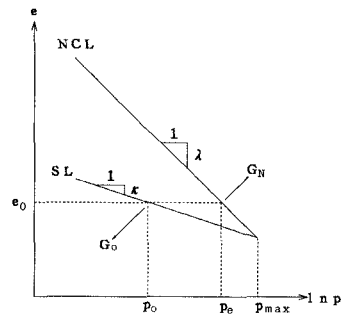


図-2 $e \sim \ln p$ 関係の模式図

また、この $e \sim \ln p$ 関係を模式的にしたものが図-2である。ここで、 p_e および p_0 はある間隙比(e_0)における正規圧密線(NCL)および膨張線(SL)上の圧密圧力である。また、 G_N 及び G_0 はその時の微小ひずみにおけるせん断剛性率である。過圧密比は $OCR=p_{max}/p_e$ で定義される。

ここで定式化に当たり、1つ目の仮定をおく。

圧密、膨張線の傾きはその時の p によらずそれぞれ一定である。 ———— 仮定①

② $\ln G \sim \ln p$ 関係について

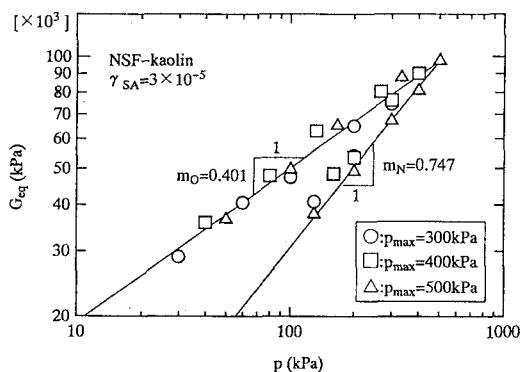


図-3 $\ln G \sim \ln p$ 関係

図-3はそれぞれの p における G を両対数紙上に示したものである。正規圧密状態においては圧密圧力が増加するにしたがい G も増加しその傾き m_N は約0.747であり、過圧密状態においては圧密圧力の減少に伴い G が低下しその傾き m_0 は約0.401であった。また、過圧密比の小さな所($p=300 \sim 500$ kPaあたり)以外では過圧密比によらず(供試体が異なっても)同じ p の下ではほぼ等しい G が得られている。

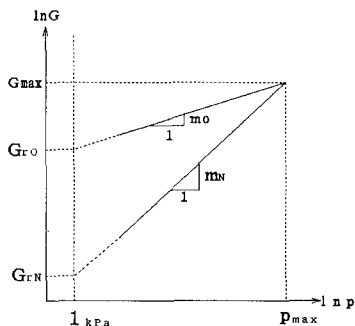


図-4 $\ln G \sim \ln p$ 関係の模式図

この $\ln G \sim \ln p$ 関係を模式的に示したものが図-4である。ここで、 m_N , m_0 および G_{rN} , G_{r0} は正規圧密状態、過圧密状態の $\ln G \sim \ln p$ 関係をほぼ直線とみなした時の傾きと $p=1$ (kPa) 時の G である。また G_{max} とは p_{max} に対応する G である。これより、2つ目の仮定をおく。

$\ln G \sim \ln p$ 関係は正規圧密、過圧密状態ともにそれぞれ直線で近似し得る。 ———— 仮定②

③ 定式化について

前述した仮定①, ②を基に整理すると以下の式が導かれる。

$$\frac{G_o/p_o}{G_N/p_e} = (OCR)^{(m_N - m_0) + \Lambda(1 - m_N)}$$

$$(OCR = p_o/p_{max}, \quad \Lambda = 1 - \kappa/\lambda)$$

ここで、上式右辺のOCRの乗数 $(m_N - m_0) + \Lambda(1 - m_N)$ に試験結果より得られた値を代入してみると約0.553となった。もとにした値はそれぞれ3本の試験の平均値であり下に示す通りである。 λ , κ は等方圧密及び等方膨張から得られた値である。

$$\left(\begin{array}{l} \text{図-1より } \lambda = 0.142, \quad \kappa = 0.026 \\ \text{図-3より } m_N = 0.747, \quad m_0 = 0.401 \end{array} \right)$$

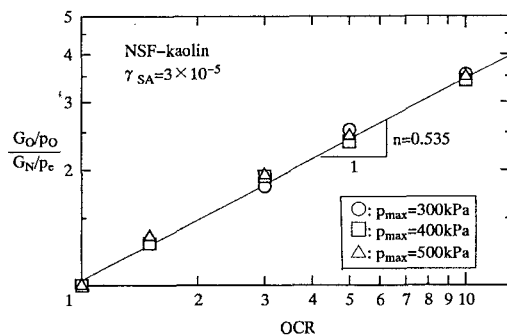


図-5 $\ln \frac{G_o/p_o}{G_N/p_e} \sim \ln(OCR)$ 関係

図-5は図-1, 図-3をもとに、 $\frac{G_o/p_o}{G_N/p_e}$ とOCRとの

関係を両対数軸上に示したものであるが、3本の試験結果はほとんど1本の直線で表すことができ、その傾き n は約0.535であった。これは前述した推定値0.553とほぼ等しいと言える。このことは、仮定①, ②の妥当性を証するものであり、かつその試料の C_c と C_s の比及び m_N , m_0 が得られれば、正規圧密と過圧密状態での G の定式化が行えることを示している。

5 結論

カリソ粘土において圧密圧力を多段階に変化させ、その時の疑似弾性せん断剛性率 G を求める試験を行った結果以下の結果が得られた。

- ① $e \sim \ln p$ 関係での正規圧密線及び膨張線の傾きはその時の圧密圧力によらずそれぞれ一定と言える。
- ② 疑似弾性せん断剛性率と圧密圧力との関係は正規圧密、過圧密状態ともに両対数紙上で直線近似し得る。
- ③ 2つの仮定をおくことによって過圧密状態での G と等価な間隙比における正規圧密状態での G との関係の定式化が可能となった。

参考文献：(1)Wroth and Houlsby(1985): Soil mechanics-Property characterization and analysis procedures, Proc. of 11th ISCMFE, Vol.1, pp.1-56. (2)澁谷ら(1993): 高分解能、高トルクモーターを用いた多機能全自動三軸試験装置の試作, 第28回土質工学研究発表会, pp.53-56.