

(III-27) K_0 圧密粘土の応力ひずみ関係

㈱黒岩測量設計事務所
 金沢工業大学
 東海大学
 UC.Davis

正会員 川浦文子
 正会員 外崎 明
 正会員 赤石 勝
 Y.F.Dafalias

1. 緒言

カムクレイモデルは、等方圧密された粘性土の応力ひずみ関係を正確に予測し得る土の代表的な弾塑性構成式である。しかし、カムクレイモデルは実測される静止土圧係数より大きな値を与える。横方向ひずみのない状態で圧密された水平地盤を意味する K_0 条件における変形解析では、初期 K_0 条件からの有効応力変化を考えるのが本質的である。本論文では、実験と計算を行い正規圧密粘土の応力ひずみ挙動に関する圧密中の応力条件の影響が調べられており、異方性にに関する有効応力経路とひずみ挙動について検討し、等方と異方モデルの予測と比較されている。

2. 異方限界状態モデル

Dafalias(1987)は、三軸条件に対する次の異方降伏関数 F を誘導した。¹⁾

$$F = p^2 - pp_0 + \frac{1}{M^2}(q^2 - 2\alpha pq + \alpha^2 pp_0) = 0 \quad (1)$$

ここで、 $p = (\sigma_1 + 2\sigma_3)/3$, $q = \sigma_1 - \sigma_3$

K_0 条件では、異方性変数 α は、次のように表される。

$$\alpha = \frac{\eta_{K_0}^2 + 3[1 - (\kappa/\lambda)]\eta_{K_0} - M^2}{3[1 - (\kappa/\lambda)]} \quad (2)$$

その降伏面の形状は、Fig.1 のように示される。降伏面の回転とゆがみの度合いは、 α の値によって決まる。 $\alpha = 0$ の時、降伏面は修正カムクレイモデルの楕円に対応する。実際の応力は、等方 $e \sim \log p$ 関係の点 E で示される平均有効応力とその間隙比が互いに等しいので等価であると仮定され、実際の応力点 A を通る異方降伏面は境界面の概念によって B 点まで拡張される。²⁾ 実際の応力点 A(p,q) は境界面上の“仮想”の応力点 B(p̄,q̄) と関係づけられ、仮想の応力は、解析的に次式で表される。

$$b = \exp\left(\frac{e_C - e_A}{\lambda}\right) \quad (3) \quad \bar{p} = bp, \quad \bar{q} = bq$$

この異方モデルでは 4 つの定数 λ 、 κ 、 M 、 α のみ必要とする。

3. 実験

実験に用いた試料は、柏市と草加市の沖積地盤より採取した柏粘土と草加粘土であり、Table.1 にその物理的特性を示す。試料を液性限界以上の含水比で練り返し、等方または K_0 条件下で予圧密し、直径 5 cm、高さ 10 cm

σ_1, σ_3 : 有効主応力

M : 限界状態線の勾配

p_0 : 初期間隙比(e_0)に対応するサイズパラメータ

α : 異方性変数

λ : 等方圧密線の勾配

κ : 等方吸水膨張線の勾配

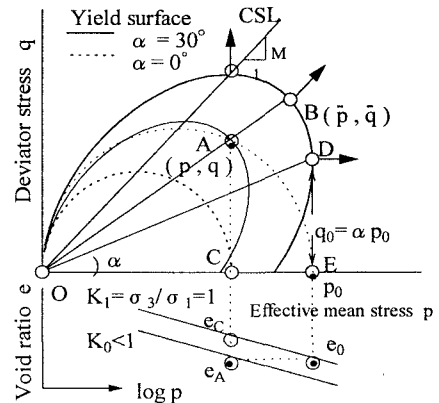


Fig.1 Schematic illustration of the yield surface in triaxial p - q space

Table.1 Index properties of soils tested

Sample	Gs	LL(%)	PI(%)	λ	κ	M	K_0	α
Kashiwa Clay	2.64	112.0	61.5	0.200	0.030	1.48	0.40	0.529
Soka Clay	2.67	82.6	68.8	0.182	0.041	1.54	0.43	0.374

の供試体を成形した。圧密試験は等方、異方または K_0 条件下で実施した。

キーワード : K_0 圧密, 異方降伏面, 応力ひずみ挙動

連絡先 : TEL 027-234-6601 FAX 027-234-6607

4. 応力ひずみ挙動の予測

Fig.2 に間隙比と時間の対数関係を示す。等方圧密の間隙比は一定値に収束する傾向にあるが、 K_0 圧密の間隙比は時間とともに減少しており、一次圧密終了後、典型的な二次圧密が観察される。

Fig.3 に圧密試験から得られた $e \sim \log p$ 関係を示す。粘土が時間に対数比例して二次圧密を受けているので、これらの関係は互いに平行である。等方圧密における二次圧密速度が小さいので無視すると $e \sim \log p$ 関係から、 K_0 圧密粘土の間隙比は等方圧密の間隙比から決定しようと仮定され、ここから異方降伏面のサイズパラメータ p_0 を得ることができる。

Fig.4 は、圧密試験における有効応力経路の計算と実測を比較している。これより等方モデルでは実測と計算される有効応力経路が著しく異なることがわかる。この差はカムクレイモデルが実測より大きな K_0 値を与えることを意味する。³⁾

Fig.5 は、3種類の载荷条件に対する軸ひずみと体積ひずみの関係である。これより K_0 経路に沿う载荷に対する異方モデルの軸ひずみは実測と計算された体積ひずみに等しいが、等方モデルの軸ひずみは K_0 経路に沿う载荷と軸応力制御試験の体積ひずみより大きいことがわかる。

5. 結言

等方限界状態モデルを用いると、 K_0 圧密粘性土の K_0 圧密時の有効応力経路やひずみ挙動が大きく異なる。提案するモデルは、境界面の概念と関係する異方降伏面を結び付けている。モデルによる予測は、 K_0 圧密粘性土の応力ひずみ挙動の実測値に良く一致している。さらに異方モデルは次の重要な特徴がある。

- (1) 必要とされる定数は λ 、 κ 、 M 、 α の4つだけである。
- (2) K_0 圧密粘性土の K_0 圧密時の応力ひずみ挙動は、異方限界状態モデルで近似し得る。

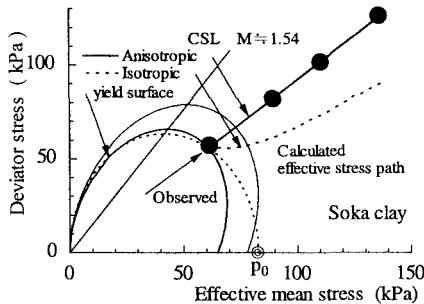


Fig. 4 Effective stress paths under K_0 compression

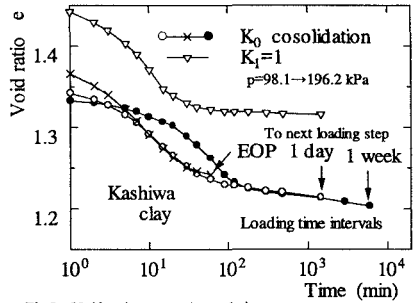


Fig.2 Void ratio versus time relations

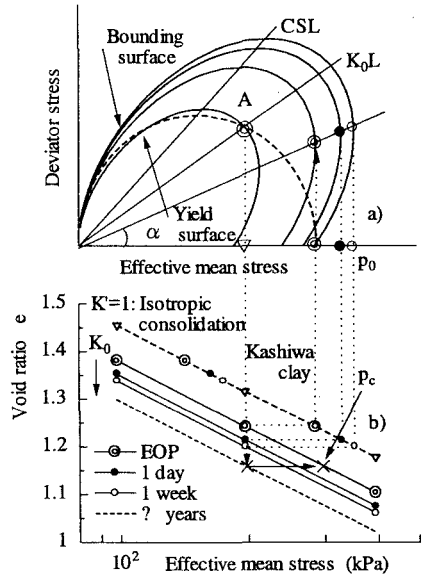


Fig.3 Expansion of bounding surface and $e \sim \log p$ relations

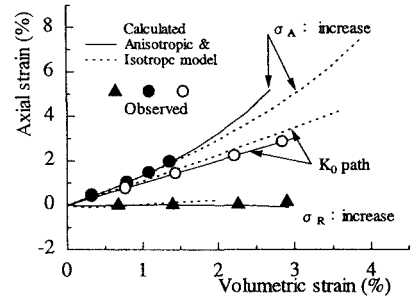


Fig.5 Relations between axial and volumetric strains

【参考文献】

- 1) Dafalias .F .Y .: An anisotropic critical state clay plasticity model ,Proc of 2nd International Conference on Constitutive Laws for Engineering Materials ,Vol.1 ,pp.513-521 ,1987
- 2) Dafalias .F .Y and Herrmann,L.R.: Bounding surface formulation of soil plasticity , Soil Mechanics-Transient and Cyclic loading , John Wiley & Sons Ltd.Chapter 10, pp.253-282,1982
- 3) Roscoe ,K .H .and Burland ,J .B .: On the generalized stress strain behavior of wet clay, Engineering Plasticity, Cambridge University Press,pp535-609,1968