

正規圧密粘土の静止土圧係数 K_0 の決定

鹿児島大学工学部 学 福本忠浩 正 三隅浩二

同 上 学 叶 晋二 学 佐藤 清

1. はじめに ヤーキーの式、式(*)は限界状態線の傾き M が決まれば K_0 が決まるという2つの弾塑性パラメータ間の関係式であるが、ここでは、4つの弾塑性パラメータ(M , D , Λ , $\tilde{N}$)と降伏曲線の形($\psi \sim \eta'$ 関係)により K_0 が決定されることを示す。この方法は降伏曲線および弾塑性パラメータの逆解析手法^{1), 2)}の一貫として開発したものだが、この方法の特徴は、逆算した $\psi (=d\varepsilon_v/p / d\varepsilon_s/p) \sim \eta' (=q/p')$ 関係式がどのように複雑であっても、図式解法なのでシンプルにしかも安定的に答えを得ることができることである。

2. 静止土圧係数 K_0 の決定法 カムクレイモデルにおけるエネルギー消散式の仮定の拘束を解いて得られる一般的な構成式、式(1)³⁾に、横方向のひずみが生じない条件 $d\varepsilon_s=0$ を与えると、一次元圧縮時の $\psi (= \psi_{K_0})$, $\eta' (= \eta_{K_0}')$ の関係は弾塑性パラメータ Λ , $\tilde{N}$ を用いて式(2)で表される。したがって、カムクレイモデルやモディファイドカムクレイモデルのように $\psi \sim \eta'$ 関係式が既知な場合には、これと式(2)を連立させることにより、答え、すなわち、 ψ_{K_0} , η_{K_0}' を解析的に求めることができる。ところが、式(1)を逆解析モデルとして用いて $\psi \sim \eta'$ 関係を逆算した場合には、 $\psi \sim \eta'$ 関係式は接線変形係数を求めるために、あてはめた実験公式の形に依存して決まり、式(2)と連立する上記の方法は計算がとて複雑となり面倒である。そこで、式(1)により求められた $\psi \sim \eta'$ 曲線と K_0 条件を満たす式(2)の $\psi \sim \eta'$ 曲線との交点から答えの ψ_{K_0} , η_{K_0}' を見つけて出す簡便な図式解法を採用することを考えた。なお、 η_{K_0}' がわかれば式(3)を用いて直ちに K_0 を求めることができる。

さて、いま式(1)をある正規圧密粘土のセン断挙動にあてはめた結果、カムクレイモデル($\psi = M - \eta'$)およびモディファイドカムクレイモデル($\psi = (M^2 - \eta'^2) / 2\eta'$)が得られたとする。ただし、逆算された弾塑性パラメータは偶然にも両モデルで等しい値($M=1.2$, $D=0.0326$, $\Lambda=0.478$, $\tilde{N}=1.5$)であったとする。図1はカムクレイモデルの場合を示すが、実直線の $\psi = M - \eta'$ ラインと破線の式(2)との交点より $\psi_{K_0}=0.825$, $\eta_{K_0}'=0.375$, $K_0=0.700$ が得られた。参考のため、ヤーキーの式、式(*)より得られた結果 $\eta_{K_0}'=0.750$ ($K_0=0.500$)も同図中に示した。図2には、式(4)より求めた降伏曲線、すなわち、硬化パラメータ p_v' で正規化した $p' / p_v' \sim q / p_v'$ 関係を描いている。図1の結果より得られた $\eta_{K_0}' = \text{const.}$ ライン、いわゆる K_0 ラインをひけば、正規化された降伏曲線との交点において塑性ヒズミ増分ベクトルの方向を記すこともできる。図中の角 α は、 $\alpha = \tan^{-1} \psi_{K_0}$ で与えられるが、作図の結果、関連流れ則におけるノルマリティールールが満たされていることが確認できる。参考のため、ヤーキーの式、式(*)より得られた $\eta_{K_0}' = \text{const.}$ ラインを破線で示した。図3、図4ではモディファイドカムクレイモデルの場合について同様な作図法を試みている。その結果、 $\psi_{K_0}=0.905$, $\eta_{K_0}'=0.598$, $K_0=0.573$ が得られた。図1と図3を比較してわかるように、弾塑性パラメータ Λ , $\tilde{N}$ が両モデルで等しいので、式(2)のラインは図1と図2で同じになる。さらに M も等しいことから、両モデルの K_0 値の差はこの場合降伏曲線の形の違いによって決まることがわかる。図2と図4を比較してわかることは、いずれの場合にも式(*)の示す K_0 ラインは式(2)の主張する K_0 ラインよりも傾きが大きい(K_0 値は小さい)ことがわかる。ヤーキーの式はこの場合カムクレイモデルよりもモディファイドカムクレイモデルの K_0 ラインのほうに近い。

3. おわりに 本報告は繰り返した正規圧密粘土(の構成式)を対象とした K_0 の決定法についての議論である。自然堆積粘土や異方圧密された粘土についても同様な議論が可能だと思われるが、基本となる逆解析手法にまでさかのぼって考え直す必要があるので今後の課題としたい。

参考文献 1) 三隅, 池田, 中園, 書川, 北方: 正規圧密粘土の降伏関数および弾塑性パラメータの逆算,

24回土質工学研究発表会講演概要集, pp.575-578, 1989

2) 叶, 三隅, 福本, 佐藤: 正規圧密粘土の降伏曲線の逆解析, 平成元年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, 1990

3) Roscoe, K.H. and J.B. Burland: On the generalized stress-strain behaviour of 'wet' clay, Engineering Plasticity, Cambridge University Press, pp.535-606, 1968

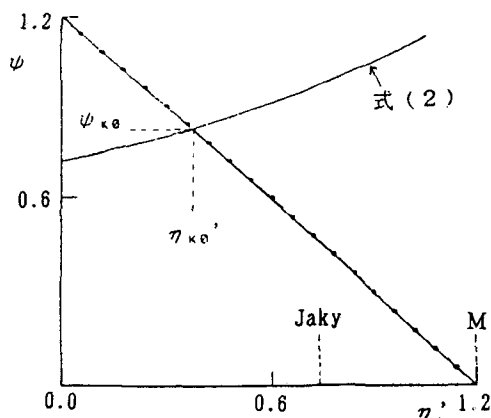


図1 $\psi_{k\theta}$, $\eta_{k\theta}'$ の決定 (カムクレイ)

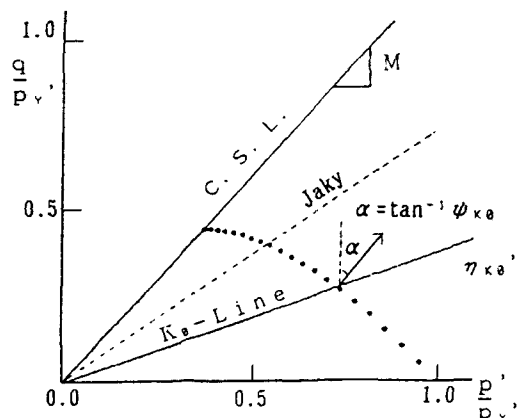


図2 降伏曲線と K_θ ライン (カムクレイ)

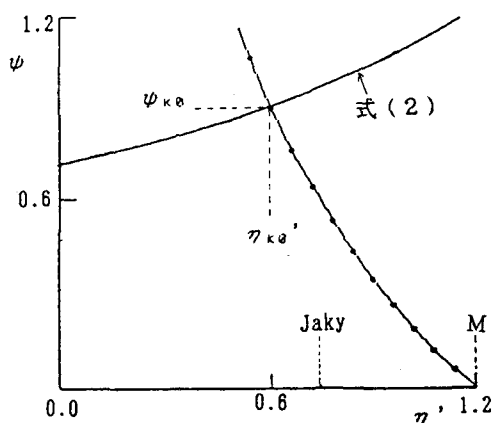


図3 $\psi_{k\theta}$, $\eta_{k\theta}'$ の決定 (モディフィード)

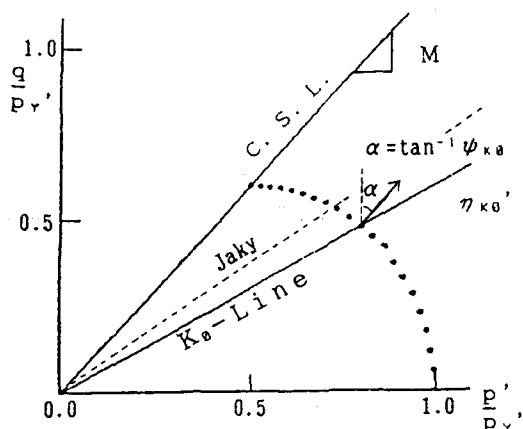


図4 降伏曲線と K_θ ライン (モディフィード)

$$K_\theta = 1 - \sin \phi' \longrightarrow \eta_{k\theta}' = \frac{3M}{6-M} \quad \dots(*)$$

$$\begin{Bmatrix} d\varepsilon_v \\ d\varepsilon_s \end{Bmatrix} = \frac{D}{p'} \begin{pmatrix} \frac{M}{\Lambda} - M & 0 \\ 0 & \frac{2}{3} \frac{1}{N} \left(\frac{M}{\Lambda} - M \right) \end{pmatrix} \begin{Bmatrix} dp' \\ dq \end{Bmatrix} + \frac{D}{p'} \begin{pmatrix} \frac{M}{\psi + \eta'} \psi & \frac{M}{\psi + \eta'} \\ \frac{M}{\psi + \eta'} & \frac{1}{\psi} \frac{M}{\psi + \eta'} \end{pmatrix} \begin{Bmatrix} dp' \\ dq \end{Bmatrix} \quad \dots(1)$$

$$\psi_{k\theta} = \frac{3}{2} \left\{ \frac{1}{\Lambda} - \frac{1}{N} \left(\frac{1}{\Lambda} - 1 \right) \eta_{k\theta}' \right\}^{-1} \dots(2)$$

$$K_\theta = \frac{3 - \eta_{k\theta}'}{3 + 2\eta_{k\theta}'} \quad \dots(3)$$

$$\frac{p'}{p_v'} = \exp \left(- \int_0^{\eta'} \frac{d\eta'}{\psi + \eta'} \right) = \exp \left(\frac{1}{\Lambda} \ln \frac{p'}{p_a'} - \frac{\varepsilon_v}{DM} \right) \quad \dots(4)$$