

正規圧密粘土のストレス・ダイレイタンスー関係の逆算

鹿児島大学工学部 学〇池田 雄一 学 北方 裕人
同 上 正 三隅 浩二 正 北村 良介

1. はじめに 三軸試験データの応力～ヒズミ曲線より得られる接線変形係数を用いて、正規圧密粘土の塑性ヒズミ増分比～応力比関係を逆算する手法を開発した。本手法は状態境界面上を動くすべての試験経路に対して有効だが、今回は、平均有効主応力一定排水セン断試験でのアプローチについて報告する。

2. $\psi \sim \eta'$ 関係の逆算法 カムクレイモデルの種々の仮定のうちエネルギー理論の拘束を解除すれば、 $\psi (= d\varepsilon_v / d\varepsilon_s) \sim \eta' (= q/p')$ 関係を未知のままにして含む次の弾塑性構成式¹⁾を得る。

$$d\varepsilon_v = \frac{D}{p'} \left\{ \left(\frac{M}{\psi + \eta'} \psi + \frac{M}{\Lambda} - M \right) dp' + \frac{M}{\psi + \eta'} dq \right\} \quad (1)$$

$$d\varepsilon_s = \frac{D}{p'} \left\{ \frac{M}{\psi + \eta'} dp' + \left(\frac{2}{3} \tilde{N} \left(\frac{M}{\Lambda} - M \right) + \frac{1}{\psi} \cdot \frac{M}{\psi + \eta'} \right) dq \right\} \quad (2)$$

ここで、 $M = 6 \cdot \sin \phi' / (3 - \sin \phi')$ 、 $D = (\lambda - \kappa) / (1 + e_0) / M$ 、 $\Lambda = 1 - \kappa / \lambda$ 、 $\tilde{N} = 3(1 - 2\nu') / (1 + \nu')$ である。これに $p' = p_0' = \text{const.}$ セン断条件を与え、 ψ を消去すれば、異なる2測定点①、②での $d\varepsilon_v / dq$ 、 $d\varepsilon_s / dq \sim \eta'$ 関係より DM を決定することができる。

$$DM = \frac{1}{2} p_0' \{ A + (A^2 - 4B)^{1/2} \} \quad (3)$$

ここに、

$$A = \eta_0' \left(\frac{d\varepsilon_v}{dq} \right)_0 + \eta_0' \left(\frac{d\varepsilon_v}{dq} \right)_0 + \frac{\left(\frac{d\varepsilon_v}{dq} \right)_0 - \left(\frac{d\varepsilon_v}{dq} \right)_0}{\left(\frac{d\varepsilon_s}{dq} \right)_0 - \left(\frac{d\varepsilon_s}{dq} \right)_0}$$

$$B = \left(\frac{d\varepsilon_v}{dq} \right)_0 \left(\frac{d\varepsilon_s}{dq} \right)_0 \left\{ \eta_0' \eta_0' + \frac{\eta_0' \left(\frac{d\varepsilon_v}{dq} \right)_0 - \eta_0' \left(\frac{d\varepsilon_s}{dq} \right)_0}{\left(\frac{d\varepsilon_s}{dq} \right)_0 - \left(\frac{d\varepsilon_s}{dq} \right)_0} \right\}$$

結局、 $\psi \sim \eta'$ 関係は、上式で求まる DM を用いて次式より逆算することかできる。

$$\psi = \frac{DM}{p_0'} \cdot \frac{dq}{d\varepsilon_s} - \eta' \quad (4)$$

3. 解析結果 上記の提案手法の検証のために、図1に示すカムクレイモデルの応力～ヒズミ曲線を解析した。図中の①、②は DM を決めるための測定点である。 p_0' は 1 kgf/cm^2 である。応力～ヒズミ曲線の接線勾配は、図2のように増分 $\Delta = ()_{t+1} - ()_t$ を使って近似的に求める方法を採用した²⁾。図3、図4、図5は、 $\Delta q / \Delta \varepsilon_v$ 、 $\Delta q / \Delta \varepsilon_s$ 、 $\Delta \varepsilon_v / \Delta \varepsilon_s$ の計算結果であり、このとき、ヒズミの有効数字は3ケタ、 $\Delta \eta' = 0.06$ としている。これらを用いて $\psi \sim \eta'$ 関係を逆算した結果を図6に示す。同図のプロットのばらつきは、ヒズミの有効数字の数、接線変形係数の計算精度、測定点①、②のとり方などによって異なることがわかってる。

4. おわりに 図1より D も M も見てとれるのに、あえて提案手法より DM を求めたわけは、解析者としては $D \neq d\varepsilon_v / d\eta'$ の一般的な場合を考えているからである。すなわち、具体的な $\psi \sim \eta'$ 関係、ここでは、 $\psi = M - \eta'$ の逆算かなされてはじめて $d\varepsilon_v / d\eta' = D = \text{const.}$ の関係が成り立つことかわかる。これがいわゆる柴田のダイレイタンスー係数³⁾である。

- 参考文献 1) 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
2) 三隅, 北村, 池田, 石田: ストレス・ダイレイタンスー関係の逆算方法に関する一考察 土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.430-431, 1987
3) 柴田徹: 粘土のダイレイタンスーについて, 京都大学防災研究所年報, 第6号, pp.128-134, 1963

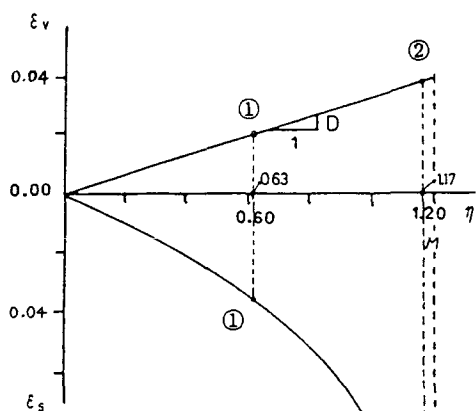


図1 カムクレイの
応力・ヒズミ曲線

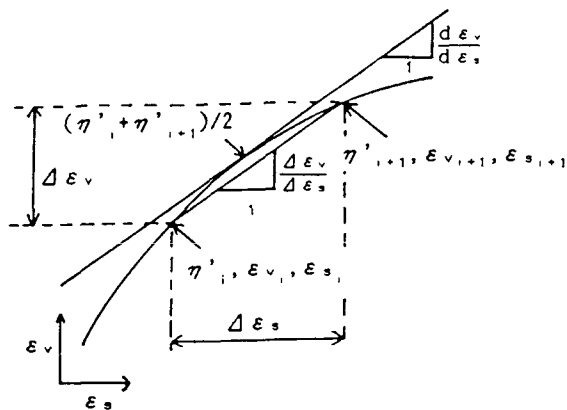


図2 増分Δ法の概要

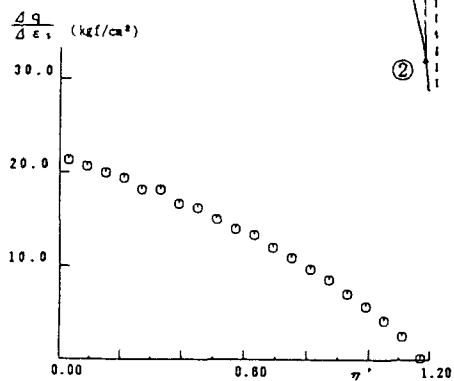


図3 セン断変形係数の劣化過程

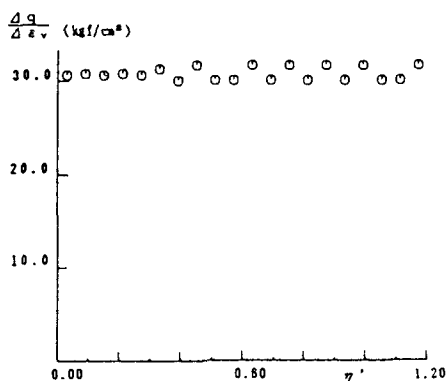


図4 ダイレイタンスー挙動

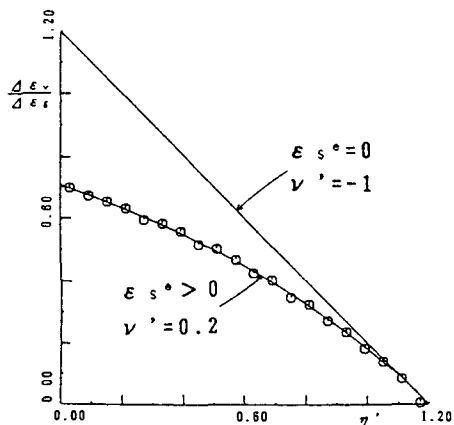


図5 弾性ヒズミ成分の影響

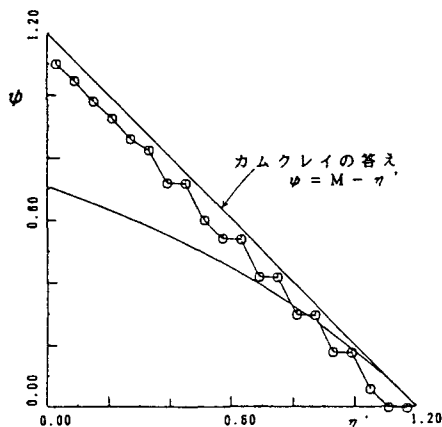


図6 $\psi \sim \eta'$ 関係の逆算