

長崎大学大学院 学生員 O内藤 秀信

長崎大学 正員 棚橋 由秀

1. まえがき

著者は先に粘性土地盤の応力変形解析へのオ一段階として、粘性土を圧縮・セリ断に対するヒズミ硬化体とみなし、応力リ厂の影響を考慮した弾塑性・異方応力ヒズミ増分関係の定式化を試みた。(1)

本報告では有明海成粘土を試料とし、i)繰り返し等方圧縮試験 ii)繰り返し平均主応力一定試験を行ない、先の定式化に際し用いた仮定の可否を検討するとともに、具体的后6回の土質定数を決定した。さらに応力リ厂を与えた軸対称経路に沿う弾塑性応力ヒズミ挙動を計算し、実測値との比較により増分関係の妥当性を検討した。

2. 弾塑性応力ヒズミ増分関係

紙数の都合で誘導過程および用いる記号は前報(1)、前々報(2)を参照して頂くこととし、主応力増分軸(x', y', z' 軸)が回転しない場合の応力ヒズミテンソルの増分関係を再掲しておく。ここに S_c, S_d, S_s はそれぞれ圧縮による体積ヒズミ、ダイレタンシー、正八面体セリ断ヒズミ各増分のフレキシビリティである。

$$\begin{pmatrix} d\epsilon_{x'} \\ d\epsilon_{y'} \\ d\epsilon_{z'} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{23} \\ C_{31} & C_{22} & C_{23} \\ C_{31} & C_{12} & C_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d\alpha_{x'} \\ d\alpha_{y'} \\ d\alpha_{z'} \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} d\gamma_{yz'} \\ d\gamma_{zx'} \\ d\gamma_{xy'} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2(C_{22}-C_{23}) & 0 & 0 \\ 0 & 2(C_{33}-C_{31}) & 0 \\ 0 & 0 & 2(C_{11}-C_{12}) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d\tau_{yz'} \\ d\tau_{zx'} \\ d\tau_{xy'} \end{pmatrix} \quad (1)_1$$

$$\begin{aligned} C_{11} &= \{ (S_c + 3S_s) + \sqrt{2} S_d \} / 9, & C_{23} &= \{ (2S_c - 3S_s) - \sqrt{2} S_d \} / 18 \\ C_{22} &= (S_c + 3S_s) / 9, & C_{31} &= \{ (2S_c - 3S_s) + \sqrt{2} S_d \} / 18 \\ C_{33} &= \{ (S_c + 3S_s) - \sqrt{2} S_d \} / 9, & C_{12} &= (2S_c - 3S_s) / 18 \end{aligned} \quad (1)_2$$

(1) 式は全ヒズミテンソルの増分関係であり、(1)₂ 式右辺の S_c, S_d, S_s を S_c^e, S_d^e, S_s^e または S_c^p, S_d^p, S_s^p で置換すれば (1)₁ 式はそれぞれ弾性・塑性ヒズミテンソルの増分関係となる。なお各フレキシビリティの式はまとめて Table-1 に示す。また圧縮・セリ断に対する降伏条件式としては (2) 式を採用している。

$$\text{圧縮に対して } \xi = \xi_m, \quad \text{セリ断に対して } \eta = \eta_m \quad (2)$$

ここに ξ は平均主応力を大気圧 p_0 で除いた無次元量、 η は正八面体応力比であり、 ξ_m, η_m はそれぞれ $\xi = p/p_0, \eta = q/p$ が現在までに実験した最大値である。

3. フレキシビリティ (土質定数) の決定

用いた試料は有明海成粘土 ($G_s = 2.58, \omega_L = 117\%, \omega_p = 49\%, I_p = 68\%$) であり、試験は全て応力制御・排水条件で行なった。i) 繰り返し等方圧縮試験の結果を $e - \log p$ 関係で整理すると Fig. 1 が得られる。図から定式化に用いた3つの仮定1. 正規圧密線の直線性、2. 除荷再載荷におけるヒステリシスループは充分小さく1本の直線で近似可能、3. 各膨潤線の平行性を満足しているのを読みとれる。図より圧縮指数 C_c 、膨潤指数 C_s (または λ, κ) が決定できる。ii) Fig. 2(a) に示す繰り返し平均主応力一定試験の結果をそれぞれ $\eta - \kappa, \gamma - \kappa, d\eta/d\eta^p / d\kappa^p - \kappa$ 関係で整理すると Fig. 2 (b), (c), (d) が得られる。Fig. 2 (b) の白丸の実測値から判断すると仮定 $d\eta^e = 0$ は必ずしも成り立たないようである。図中黒丸の実測値を直線近似しその勾配から μ が求まる。Fig. 2 (c) $\gamma - \kappa$ 関係の除荷・再載荷時の各ヒステリシスループは充分小さく直線で近似でき、その平行性も認められ、勾配から ν が求まる。Fig. 2 (d) のストレスダイレタンシープロットはバラツキが大きく、 $0 < \eta < 0.2$ の範囲の実測値も少なく従来いわれている一次式近似は多少強引のせりはまぬかぬい、一応勾配と切片から M_0, N_0 が求まる。以上増分関係に所要の有明海成粘土の土質定数をまとめて Table-2 に示す。

4. 増分関係の検証

Fig. 3 (b) は Fig. 2 (a) に示す繰り返し平均主応力一定試験の結果を従来の整理方法に従って白丸でプロッ

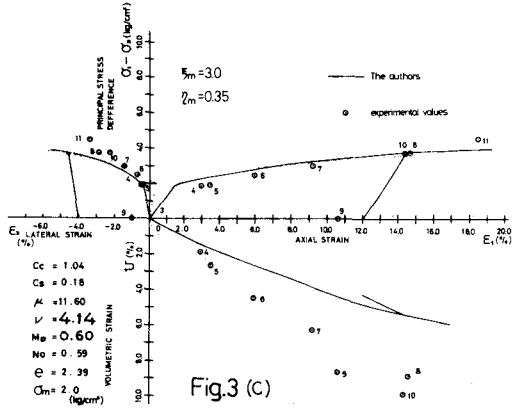
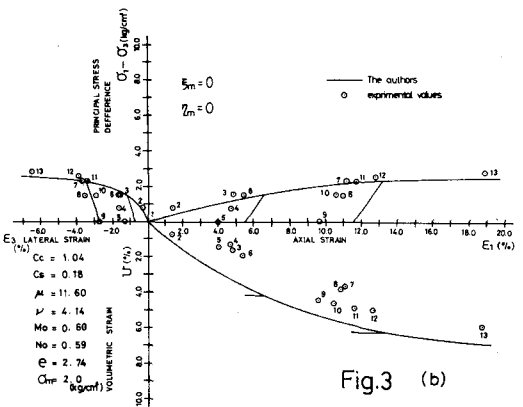
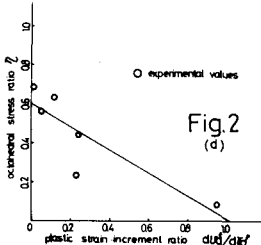
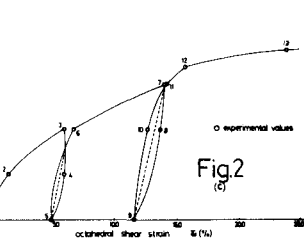
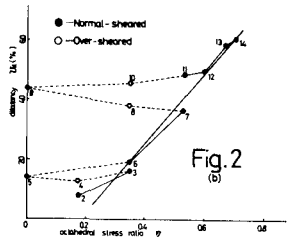
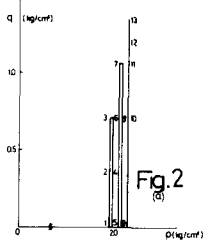
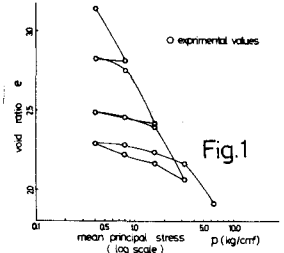
トしたものであり、添数字は応力点を意味する。なお図中実線は本増分関係による計算値である。Fig. 3(c)はFig. 3(a)に示すようにあらかじめ $\xi_m = 3.0$, $\eta_m = 0.35$ の応力リ厂を与えた後側圧一定圧縮試験を行なった結果であり、図中実測値は白丸、計算値は実線で示されている。リ厂の影響は計算値によく反映されているが、実測値との対応は必ずしも良好とはいえない。特に軸ヒズミと体積ヒズミ関係のズレが顕著である。実測値と計算値の比較による増分関係の詳細な検討は当日会場で報告の予定である。

table-1

	Sc	Ss	Sd
elastic component	$\frac{\kappa}{1+e} \cdot \frac{1}{p}$	$\frac{\nu}{p}$	0
plastic component	$\frac{\lambda - \kappa}{1+e} \cdot \frac{1}{p}$	$\frac{N_o \cdot \mu}{M_o - \eta} \cdot \frac{1}{p}$	$\frac{\mu}{p}$
total component	$\frac{\lambda}{1+e} \cdot \frac{1}{p}$	$(\nu + \frac{N_o \cdot \mu}{M_o - \eta}) \cdot \frac{1}{p}$	$\frac{\mu}{p}$

table-2

soil palameter	value
Cc	1.04
Cs	0.18
μ	11.60
ν	4.14
M_o	0.60
N_o	0.59



5. あとがき

今回は土質定数を決定するための基本的な試験回数も少なく、増分関係の定式化に際し用いた仮定の妥当性を充分吟味するには至らなかった。今後基本データの集積によって仮定の可否を検討していくと同時に、種々のリ厂を与えた応力径路試験を行なうことによって増分関係の検証、改良を重ねていくつもりである。なお実験には糸田英昭氏(現北九州市役所)、坂本博一氏(現長崎市役所)両氏の多大の協力を得た。また本学伊勢田哲也教授、岡崎英俊助教授からは本研究に対し適切な助言を頂いた。ここに記して感謝の意を表する次第である。

引用文献: (1)内藤・棚橋:才33回土木学会年次学術講演会概要, pp. 61-62, 1978
(2)棚橋:才32回土木学会年次学術講演会概要, pp. 165-166, 1977