

岐阜大学大学院 学生員 岡野 靖

岐阜大学工学部 正 員 岡二三生

1. まえがき 昨年、粘土地盤の挙動を解析的に明らかにするために、筆者の一人が開発した粘土の弾粘塑性構成式¹⁾と有限要素法²⁾を用いた解析結果を報告したが、今回は、特に正規圧密粘土地盤の一次元圧密変形における K_0 値の問題と、解析結果を既往の実験的研究に比較させたものを取りあげ報告する³⁾⁴⁾。解析法は文献³⁾と⁴⁾に詳しく述べてあるので省略する。

2. 構成式 ここで用いた粘土の構成式は、すでに筆者の一人が報告した、等方的に正規圧密された粘土に対して導いたものに、関口⁵⁾による相対応力比 $\bar{\sigma}$ を導入し、異方圧密粘土に対しても適用可能なものである。構成式を書き下すと次のようになる。

$$\dot{\epsilon}_{ij} = \frac{1}{2G} \dot{\sigma}_{ij} + \frac{\kappa \dot{\sigma}_m}{(1+e)\sigma_m'} \frac{1}{3} \dot{\sigma}_{ij} + \langle \Phi(F) \rangle \left[\frac{1}{M^* \sigma_m' \pi^*} (\pi_{ij}^* - \pi_{ij}^*(0)) + \frac{1}{3\sigma_m'} \delta_{ij} - \frac{S_{k1}(\pi_{k1}^* - \pi_{k1}^*(0))}{3M^* \pi^* \sigma_m'^2} \delta_{ij} \right] \quad (1)$$

$$\langle \Phi(F) \rangle = M^* \sigma_m' C_{exp} \{ m' \ln(\sigma_m' / \sigma_{m0}') + m' \pi^* / M^* - m' (1+e) v^p / (\lambda - \kappa) \} \quad (F > 0), \quad \langle \Phi(F) \rangle = 0 \quad (F \leq 0) \quad (2)$$

κ ; $e \sim \ln \sigma_m'$ 線の膨潤時の傾き, λ ; $e \sim \ln \sigma_m'$ 線の圧密時の傾き, G ; セン断弾性係数, e ; 間げき比, M^* ; Critical Stateでの $\sqrt{s_2}/\sigma_m'$ の値, J_2 ; S_{ij} の2次不変量, C, m' ; 粘塑性パラメータで、 $m' = \frac{\lambda - \kappa}{(1+e)\alpha}$, $C = \dot{\epsilon}_m^{vp} / M^*$ (α ; 2次圧縮速度 $\dot{\epsilon}_m^{vp}$; 初期粘塑性体積ひずみ速度)の関係がある。

3. 解析結果 表-1, 図-1に示すような材料定数, 有限要素メッシュを用いて計算を行った。透水係数は次式に従うものとした。 $k = k_0 \exp((e - e_0)/C_e)$ (3)

図-2は水平排水時における有効応力経路である。ケース(a), (b)ともに初期応力比 $\sigma_v'/\sigma_h' (=K_0)$ は0.5であるが、ここで構成式(1), (2)に含まれている π_{ij0}^* の値として、ケース(a)では初期応力比の値0.5から求め、ケース(b)では応力比に直すと0.6になる値を用いて計算を行った。ケース(b)はケース(a)に対する比較のために行った例である。両者とも圧密過程の初期段階では応力比は減少していき、その後ケース(a)は $\sigma_v'/\sigma_h' = 0.5$ に、ケース(b)は $\sigma_v'/\sigma_h' = 0.6$ に近づいていく傾向が見られる。この傾向は図-3からも明らかであって、ともに応力比は一度減少し、その後増加する。このような傾向は応力の履歴に依存する粘塑性的異方性によるものであり、赤井・足立⁶⁾やSilvestri⁷⁾らの実験結果もこれに近い。応力経路がケース(a)と(b)で同じ初期応力比であっても、異った K_0 値に達するのは、構成式中の π_{ij0}^* の値が異っているためである。すなわち、応力比は初期応力比がいかなる値であっても、本構成式中の π_{ij0}^* に依存した値に達する。しかし、本来、初期応力比というものは一次元変形による応力の履歴に起因する材料の異方性を表しており、ケース(b)のように異った値を用いるというのは不自然であり、ケース(a)のように同じ値を用いた応力経路に近いものになるであろうと思われる。

図-4は、鉛直排水時における有効応力経路を示し、図-5は、その時の鉛直有効応力と軸ひずみの関係を示したものである。応力経路は前述の水平排水時と同じような傾向であり、点Aは、図-5の屈曲点A'と対応している。このことは、Silvestri⁷⁾によっても実験的に指摘されている。これらの点A, A'はともに粘土の弾性的変形から粘塑性的変形が大きくなり始める点ということで一致している。図-6は、 C の値が間げき水圧-時間関係に及ぼす影響を示すものである。 C が小さい場合、つまり2次圧縮を長くうけた粘土では、点Bにおいて屈曲しているが、このような傾向は、Barden(1969)⁸⁾, Mesri & Choi(1980)⁹⁾の実験結果に対応している。そして、この屈曲点Bは、先に述べた点A, A'に対応しており、興味深い。

4. 謝辞 日頃御教示いただいている、本学宇野尚雄教授、京都大学足立紀尚助教授に謝意を表します。

5. 参考文献 1) Oka, F. (1981), Proc. 10th ICSMFE, Vol.1, pp.215-218. 2) 赤井・田村(1978), 土木学会論文報告集

269号, PP.95-104. 3) 山下 周 中野, 第36回土木学会年講, II-79, 1981.
 4) Adachi, T. & Oka, F. Tange, Y. Proc. 4th Int. Conf. on Numerical methods in Geomechanics, Edmonton, 1982. 5) Sekiguchi, H. & Ohta, H. (1977). Proc. Specialty Session 9, 9th ICSMFE, pp.229-238. 6) 赤井 足立, 土木学会論文報告集, 113号, 1965. 7) Silvestri, V. (1981). Laboratory Shear Strength of Soil, ASTM STP 740, pp.619-630. 8) Barden, L. (1969). Proc. ASCE, Vol.95, No.SM 1, pp.1-31. 9) Mesri, G. & Choi, Y.K. (1979). Proc. Sixth Asian Regional Conference on Soil Mech. and Foundation Engng., Vol.1, pp.151-154.

λ	κ	M^*	m'	C_k	k_0
0.231	0.05	0.865	25.0	0.1	$1.16 \cdot 10^{-9}$ (m/sec)
G_0	e_0	k_0	$\sigma'_{22}(0)$	$u_w(0)$	
37.5 (kgf/cm ²)	1.5	0.5	2.0 (kgf/cm ²)	1.0 (kgf/cm ²)	

Table 1 The material constants used in the calculation

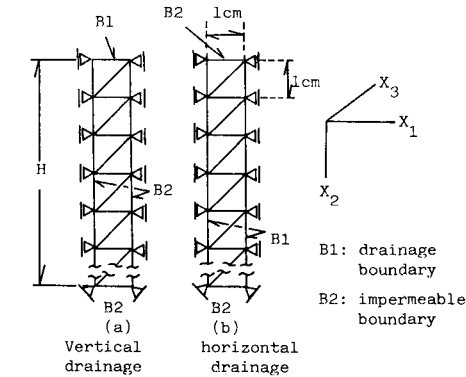


Fig.1 Finite element mesh and boundary conditions

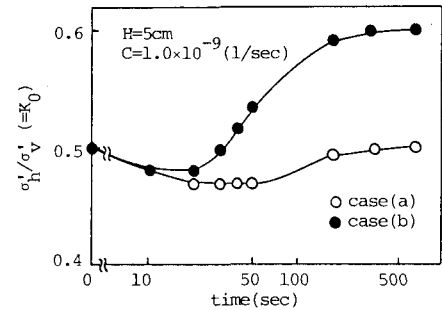


Fig.3 Stress ratio versus time

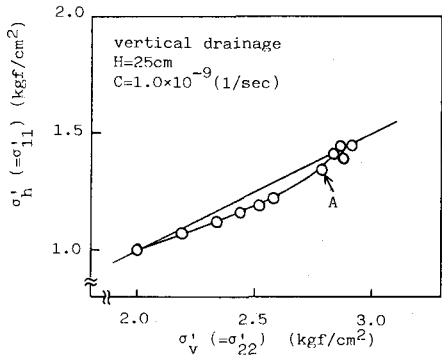


Fig.4 Stress path

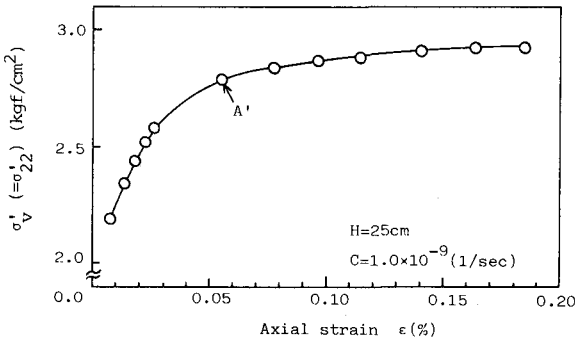


Fig.5 Vertical effective stress versus axial strain

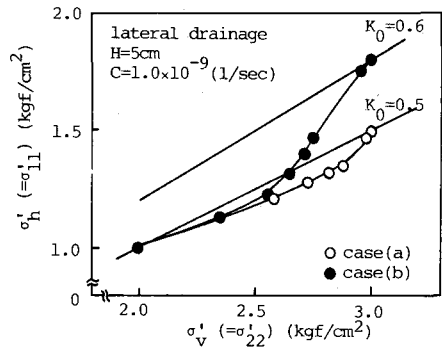


Fig.2 Stress path

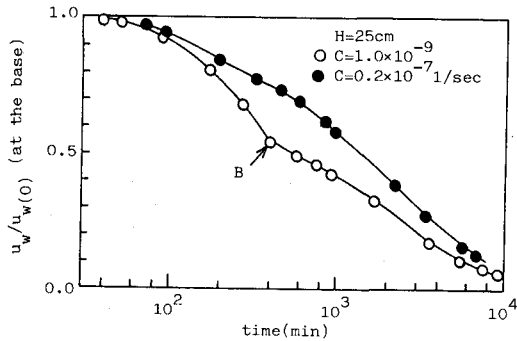


Fig.6 pore water pressure versus time