

過圧密粘土の時間依存性応力～ひずみ特性

岐阜大学工学部 正 員 岡 二三生

岐阜大学大学院 学生員 岡野 靖

岐阜大学工学部 馬淵 幸男

1. まえがき

盛土などの基礎地盤の多くは広い意味で過圧密状態にあると考えられ、その影響が指摘されている。本研究では、飽和された過圧密粘土の挙動を調べるため、非排水状態下での三軸試験を実施し、その結果と実験方法を報告する。また、実験結果の応力～ひずみ挙動と、筆者の一人が提案した時間依存性を考慮に入れた弾粘塑性構成式²⁾を用いて、計算を行った結果とを比較し、検討する。

2. 試料及び実験方法

試験に用いた試料は、0.4mmフルイを通過させた乾燥深草粘土を、高含水比のもとで練り返し、大型圧密容器を用いて0～0.7 kgf/cm²で1ヶ月程度圧密し、その後除荷し約1ヶ月膨潤させたものを用いた。試料の物理的性質を表-1に示す。供試体寸法はφ35mm×h75mmを標準とし、三軸セル中で拘束圧3.0 kgf/cm²、背圧1.0 kgf/cm²の圧力で3日間圧密を行い、その後24時間除荷し、さらに所定の過圧密比にするため24時間再圧密を行った。圧密はすべてパーパードレーン³⁾を介した等方圧密であり、セル液はグリセリンと水を3:1の割合で混合したものである。また、すでに報告しているように、圧密期間中⁴⁾試料が水を吸う挙動が観測された。この浸透圧によるゴム膜からの水の漏れに対する対策として、供試体に2枚のゴムスリーブをかかべ、その間にシリコンオイルを塗布する方法をとった。さらに、試料自体が水を吸う性質を持っていると考え、圧密開始前に排水量を測定するピュレットの水位を供試体より少し高くし、水頭差を与えることによって、約24時間試料に水を吸わせてやる操作を行った。

試験は所定の過圧密比(O.C.R. 4/3, 4)での、定ひずみ速度せん断試験及びクリープ試験を行い、各々の軸方向ひずみ ϵ_1 、軸方向応力 σ_1 、間隙水圧 u_w の時間的変化を測定した。間隙水圧は供試体底面中央にて測定しており、また、せん断中に起こる端面摩擦を極力防ぐため、供試体上下面にテフロンシートをのせ、その上にグリスを塗り、さらにテフロンシートを重ねる方法をとった。なお、全試験を通じて温度は約20℃とほぼ一定に保った。

3. 実験結果及び数値計算例

図-1、図-2は、同程度のひずみ速度で行ったO.C.R. 4/3, 4の非排水定ひずみ速度せん断試験結果、及び計算結果である。計算に用いた構成式は、筆者の一人が既に提案している時間依存性を考慮した過圧密粘土に対する弾粘塑性式である。構成式を書き下すと次のようになる。

Specific gravity	2.713
Liquid limit	51.9%
Plastic limit	27.2%
Plastic index	24.7%
Particle composition	
clay, silt (<74μ)	82.5%
sand (>420μ)	3.7%

Table 1. Physical properties of clay

λ	κ	e_o	M_f	M_m	m'_o	G'
0.09	0.02	0.82	1.55	1.50	12.5	240
C_{ol}		C_{o2}		E		
(1/sec)		(1/sec)		(kgf/cm ²)		
4.0×10^{-7}		2.2×10^{-7}		350		

$$M_f^*(M_m^*) = \sqrt{2/3} M_f(M_m) \quad E=3G$$

Table 2. Material constants of clay

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2G} \dot{S}_{ij} + \frac{K}{3(1+e)} \frac{\dot{\sigma}'_m}{\sigma'_m} \delta_{ij} + C_{01} \frac{\Phi(F)}{\sigma'_m} \frac{S_{ij}}{\sqrt{2J_2}} + C_{02} \frac{\Phi(F)}{3\sigma'_m} (\tilde{M}^* - \frac{\sqrt{2J_2}}{\sigma'_m}) \delta_{ij} \quad (1)$$

$$\frac{\Phi(F)}{\sigma'_m} = \exp \left[m'_0 \left(\frac{\sqrt{2J_2}}{\sigma'_m} - \frac{M'_f G' \sqrt{3}}{M'_f + G' \sqrt{3}} |e_{ij}^{vp}| \right) \right] \quad (2)$$

$$\tilde{M}^* = -(\sqrt{2J_2}/\sigma'_m)/\ln(\sigma'_m/\sigma'_{me}) \quad (3) \quad \sigma'_{me} = \sigma'_{me} \exp \{ (1+e)/(\lambda-K) \} \nabla^p \quad (4)$$

K : $e \sim \ln \sigma'_m$ 線の膨潤時の傾き, λ : $e \sim \ln \sigma'_m$ 線の圧密時の傾き, G : せん断弾性係数, e : 間隙比, J_2 : S_{ij} の2次不変量, C_{01}, C_{02}, m'_0 : 粘塑性パラメータ, M'_f : 破壊時の $\sqrt{2J_2}/\sigma'_m$ の値, G' : $r^* \sim \sqrt{2J_2}/\sigma'_m$ 曲線の初期勾配 ($r^* \equiv \sqrt{e_{ij}^{vp}} e_{ij}^{vp}$, e_{ij}^{vp} : 粘塑性偏差ひずみテンソル), σ'_{me} : 初期圧密圧力, ∇^p : 塑性体積ひずみ

計算に用いたパラメータを表-2に示す。図-1は、各過圧密比の応力経路を表したものである。O.C.R. 4のDry側では、軸差応力が増すにつれ、正のダイレイタンスが生じ、平均有効応力が増加していく傾向を示し、逆にO.C.R. $4/3$ のWet側では負のダイレイタンスが生じ、平均有効応力は破壊時の応力比 $M_f = 1.55$ に至るまで減少している。計算結果は、実験結果と比較すると、その定性的傾向をほぼ説明していると考えられる。

図-2は軸差応力～ひずみ関係図である。ひずみの小さい段階では、計算結果は実験結果の定性的傾向をほぼ表わしているといえるが、ひずみが増加するに従い、両者の関係は離れていく。これはパラメータ、特に m'_0 , C_{01} , C_{02} の扱い方により、ひずみの挙動は大きく変り、これらがいかなる過圧密比やひずみ e_m によっても、一定であるか否かという問題も含め原因の1つであろうと思われる。なお、異なるひずみ速度のせん断試験や、クリープ試験の実験結果、及び計算結果は当日発表を行う。

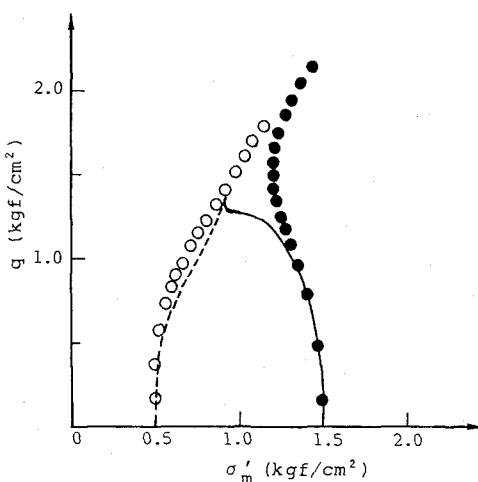


Fig.1 Stress path

O.C.R.=4/3 $\dot{\varepsilon}_{11}=2.02 \times 10^{-3}$ %/min
 ● experiment
 — calculated
 O.C.R.=4 $\dot{\varepsilon}_{11}=2.13 \times 10^{-3}$ %/min
 ○ experiment
 --- calculated

謝辞 日頃御指導いただいている本学宇野尚雄教授、また試験機作製について助言いただいた名工大中井助教授に感謝致します。

(参考文献) 1) Tavenas, F. & S. Leroueil (1980), Canadian Geotechnical Journal Vol. 17, PP. 236, No.2

2) 浅井 岡 足立 (1981) 第16回土質工学研究発表会講演集 PP 305-308. 3) 岡野 岡 鬼頭 (1983)

第18回土質工学研究発表会講演集 PP 437-440

4) 岡 (1983), 土と基礎, Vol. 31, No.7

PP 67

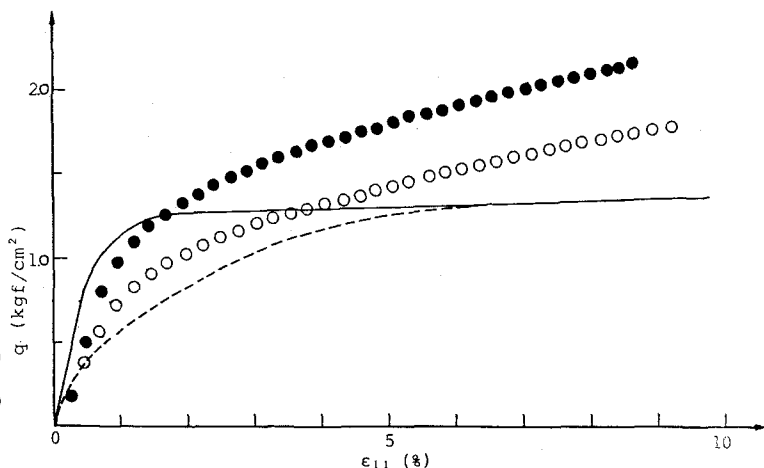


Fig.2 Stress-strain curve