

# III-50

## 構造異方性をもつ粘土の三次元応力・変形特性

九州大学 工学部 正会員 山内 豊聡  
 〃 〃 〃 林 皇徳  
 〃 〃 学生会員 〇本木 政幸  
 〃 〃 〃 井口 公一

### 1. まえがき

実際の粘性土地盤は、堆積過程などにおいて形成される異方的な構造を有していることが多く、かつ通常は相異なる三主応力の状態にある。近年、構造異方性に関する実験的研究は数多く行なわれているが、それらは主として砂に関するものであり、構造異方性をもつ粘土に関して三次元的な応力・変形特性を取り扱ったものは少なく、十分に解明されているとは言い難い。本研究では、構造異方性をもつ粘土供試体について三主応力制御試験を行ない、その応力・変形特性を調べた。供試体は、水平面内で等方な二軸直交異方性をもつように、円筒容器内における $K_0$ 圧密により作製した。

### 2. 試料および供試体

試料には白色粘土(カオリン)を用い、初期構造をできるだけランダム構造とするためと、粒子の団粒化を少なくするために、液性限界の約2倍の含水比(100%)で練り返し、円筒モールドに詰め圧密試験機で $6.0 \text{ kgf/cm}^2$ まで段階的に一次元圧密した。圧密時間は360hr、除荷に要する時間を24hrとした。円筒モールドより取り出して密封し24hr放置した後、所定の寸法( $6 \text{ cm} \times 5.9 \text{ cm} \times 4.4 \text{ cm}$ )に切り出した。図-1に圧密圧力 $6.0 \text{ kgf/cm}^2$ および $0.53 \text{ kgf/cm}^2$ における時間-圧密率曲線を示す。他の荷重段階においても同様

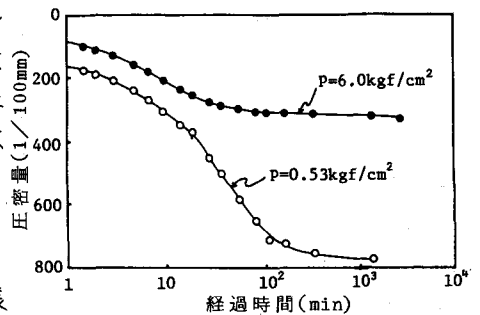


図-1 時間-圧密率関係

であり、すべての荷重段階において一次圧密が終了した後、次の荷重段階に移った。なお、立方供試体( $7 \text{ cm} \times 7 \text{ cm} \times 7 \text{ cm}$ )を用いた等方圧密試験の結果、堆積面に平行な方向の主ひずみが垂直方向の主ひずみに比べて約3%大きくなることが認められ、本研究に用いた供試体は水平面内で等方な二軸直交異方体とみなした。

### 3. 応力およびひずみの表示と試験方法

図-2に示すようなX方向に堆積した試料を考える。対応する主応力およびひずみは図に示すとおりである。また、正八面体面工のせん断応力の方向はX軸から反時計回りにとった $\theta$ で、中間主応力の相対的な大きさは $b$ を用いて表わす。(図-3参照)

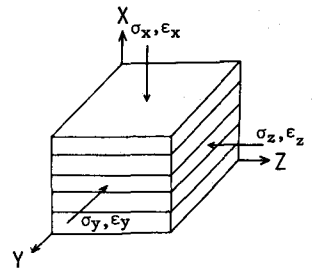


図-2 応力とひずみの方向表示

$$\tan \theta = \sqrt{3} \frac{(\sigma_y - \sigma_z)}{(\sigma_x - \sigma_y) + (\sigma_x - \sigma_z)}, \quad b = \frac{\sigma_2 - \sigma_3}{\sigma_1 - \sigma_3}$$

試験方法は、圧密非排水条件下において最小主応力 $\sigma_3$ を一定とし、かつ軸ひずみ速度( $\dot{\epsilon}_1 = 0.17\%/\text{min}$ )一定で最大主応力 $\sigma_1$ を載荷しながら、検出される $\sigma_1$ と $\sigma_3$ に対応して所定の $b$ 値を維持するように中間主応力 $\sigma_2$ を制御した。また、 $\sigma_1$ 方向は鉛直方向に一致しており、供試体の切り出し方向を適宜変えることにより、 $0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ の試験を実施した。

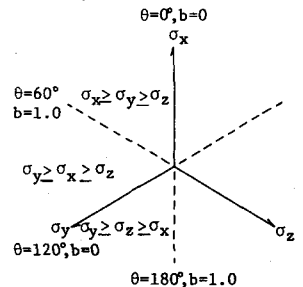


図-3 せん断応力の方向表示

#### 4. 試験結果

図-4(a)~(d)は $b$ 値一定の三主応力制御試験による応力~ひずみ関係である。横軸には最大せん断ひずみ $\gamma_{13}(\varepsilon_1 - \varepsilon_3)$ をとっている。 $b=0$ の $\theta=120^\circ$ および $b=1.0$ の $\theta=60^\circ, 180^\circ$ においては、せん断ひずみが進行しても明確なピークを示さず、2本の曲線はほぼ一定の応力差を保ったままである。一方、 $b=0.5$ の $\theta=30^\circ, 90^\circ, 150^\circ$ および $b=0.268$ の $\theta=15^\circ, 135^\circ$ の場合には、ピーク応力を生じた後、応力の差はほとんどなくなる。本実験で用いた供試体については、ピーク応力まで初期構造異方性の影響が保たれているものと考えられる。

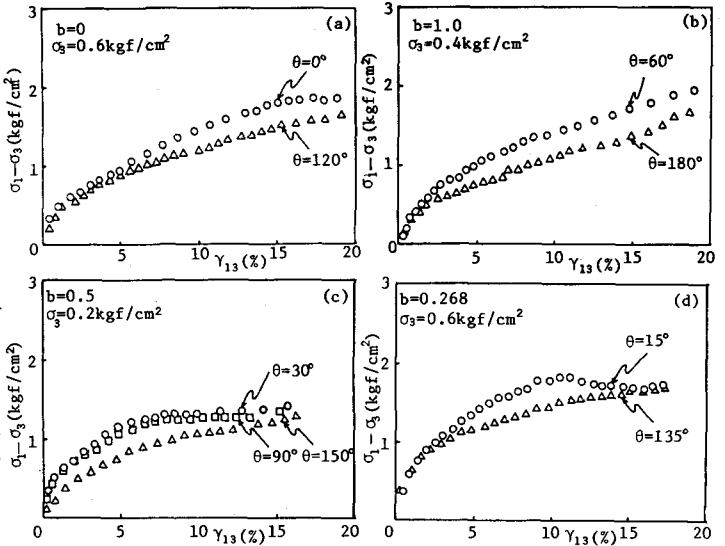


図-4 (a)~(d) 応力~ひずみ関係

図-5(a)~(d)は横軸に主ひずみ $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$ をとり、縦軸には応力比 $\sigma_1/\sigma_3$ をとったものである。例えば、三軸伸張の $\theta=60^\circ$ では $\sigma_x = \sigma_y > \sigma_z$ であるにも拘らず $\varepsilon_y > \varepsilon_x$ となり、三軸圧縮の $\theta=120^\circ$ では $\sigma_y > \sigma_x = \sigma_z$ にも拘らず $\varepsilon_x > \varepsilon_z$ となり、異方的なひずみの発現特性を良く表わしている。また、X方向に圧縮するとき $\varepsilon_x$ (圧縮ひずみ)はもっとも小さくなり、Y方向またはZ方向に圧縮するときは $\varepsilon_x$ (膨張ひずみ)がもっとも大きくなる。

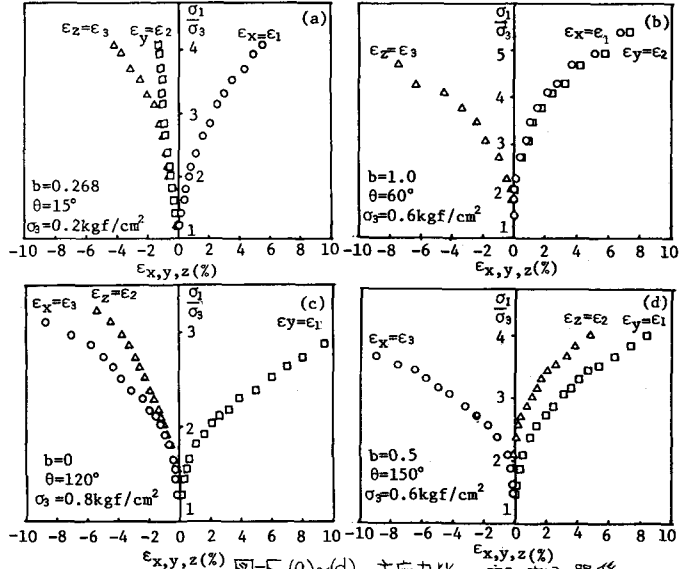


図-5 (a)~(d) 主応力比~主ひずみ関係

図-6は $\sigma_m = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ の正八面体面上に、従来の破壊あるいは降伏規準による曲線と実験結果とを描いたものである。降伏曲線は、 $0^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$ の範囲において求めたものを主応力軸を対称軸として折り返すことにより描いている。構造異方性の影響により、 $60^\circ < \theta \leq 180^\circ$ の範囲において実験結果と降伏曲線との間に差があり、せん断ひずみの増大とともにその差が大きくなる。

#### 5. あとがき

今回、 $0^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$ の実験結果より全体の降伏曲線を求めたが、今後、異方性の影響を組み込んだ降伏規準を導き、その適合性を調べてゆく。(参考文献) 1) 第18回土質工学研究発表会講演集, P251~254, 1983 2) 林: 土の三次元摩擦則とその応用に関する研究, 学位請求論文, 1982 3) 風間, 石井, 黒崎: 圧密過程における粘土の構造変化, 土と基礎, Vol.29, No.3, 1981

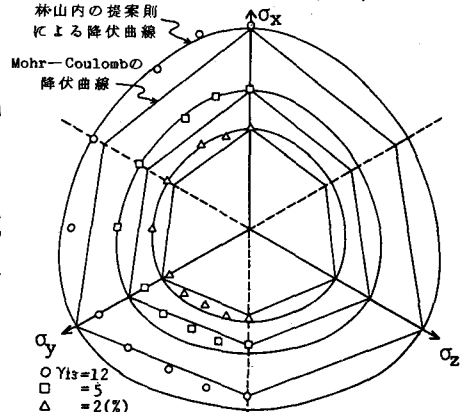


図-6 従来の降伏曲線と実験結果