

有明粘土の力学的特性に及ぼす構造異方性の影響について

長崎大学工学部 学○有須田富雄 同 鎌塚 茂伸  
同 上 持下 輝雄 正 棚橋 由彦

1. はじめに

全国でも屈指の軟弱かつ鋭敏な沖積海成粘土として知られる有明粘土の物理的諸性質および軸対称応力下における力学的特性は、異方性も含めてほぼ解明されているが<sup>1)2)</sup>、三主応力下における有明粘土の力学的特性に及ぼす構造異方性の影響は、未だ十分解明されていない現状にある。著者らは、有明粘土の三次元応力下における力学特性の解明に努めてきたが<sup>3)4)</sup>、今回は一次元予圧密により、あらかじめ構造異方性を付与した有明粘土を試料とし、切り出し角を種々変えた供試体に一方向拘束圧密、二方向拘束圧密( $K_0$ 圧密)および純粋三軸圧密非排水試験を行い、圧密・せん断特性に及ぼす構造異方性の影響の幾つかを明らかにしたのでその一部を報告する。

2. 試料、供試体および試験方法

(1) 試験装置、試料、供試体 用いた多軸試験装置は、Ladeの開発した試験機を参考に試作した装置を用いる<sup>3)</sup>。試料は、液性限界 $w_L$ 以上の含水比で練返し煮沸した有明粘土を内径15.5cmのモールドに詰め、6段階にわたって圧密レベルを上げ最終圧密圧1.5kgf/cm<sup>2</sup>で予圧密を行う。供試体は予圧密試料から切り出し角 $\beta$ を種々変えて一辺7.5cmの立方体を切り出す(図-1参照)。

(2) 圧密試験 一方向拘束は、初期値 $\sigma_c=1.5\text{kgf/cm}^2$ から $\sigma_1=1.5\text{kgf/cm}^2$ に保ち、セル内圧 $\sigma_c$ を除荷しながら中間主ひずみ $\epsilon_2$ をゼロに保持し、間隙水压消散までの最小主ひずみ $\epsilon_3$ を測定する。二方向拘束( $K_0$ 圧密)は、同じ条件からセル内圧 $\sigma_c$ と中間主圧荷装置を用い両側方変位をゼロに保持しながら、間隙水压消散までの $\sigma_2'/\sigma_1'|_{\epsilon_2=\epsilon_3=0}=K_{12}$ 、 $\sigma_3'/\sigma_1'|_{\epsilon_2=\epsilon_3=0}=K_{13}$ を測定する。なお両圧密試験は、図-1の $\beta=90^\circ, 45^\circ, 0^\circ$ の供試体について行った。また、バックプレッシャーは、せん断試験もともに $\sigma_B=1.0\text{kgf/cm}^2$ 作用させている。

(3) せん断試験 切り出した供試体をセル内で24時間 $\sigma_c=0.72\text{kgf/cm}^2$ で等方圧密した後に、 $b$ 値一定・非排水せん断試験を行う。試験条件と実測の破壊時諸量については、一括して表-1に示す。なお、 $b$ 値は中間主応力 $\sigma_2$ の相対的大きさを示すパラメーターであり次式で表わされる。 $b=(\sigma_2-\sigma_3)/(\sigma_1-\sigma_3)$

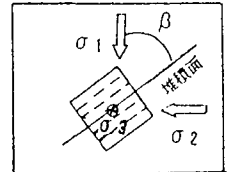


図-1 切り出し角 $\beta$ の定義

3. 実験結果および考察

(1) 圧密試験 図-2は一方向拘束圧密の最小主ひずみ $\epsilon_3$ の経時変化である。なお、図中には $\beta=0^\circ$ の間隙水压、 $\sigma_3'/\sigma_1'|_{\epsilon_2=\epsilon_3=0}$ も併せ示している。図-3は一例として二方向拘束( $K_0$ 圧密)の $\beta=0^\circ$ の $K_{12}, K_{13}$ の経時変化を示している。また、構造異方性の尺度として一方向拘束の $\epsilon_3$ 、二方向拘束の $K_{13}/K_{12}$ の収束値(間隙水压ゼロ時の値)を採用し、切り出し角 $\beta$ との関係を図-4に示している。

図-2, 3から、異方性の尺度 $\epsilon_3, K_{13}/K_{12}$ は、間隙水压の消散とともに一定の値に収束するのがわかる。また、図-4からは次のことが言える。 $\beta=90^\circ$ の場合、一方向拘束( $\epsilon_2=0$ )の非拘束方向のひずみ $\epsilon_3$ がゼロであること、 $K_0$ 圧密の $K_{13}/K_{12} \approx 1$ から、供試体は堆積面内で等方性となり、二軸直交異方性とみなし得ることが明らかである。また、切り出し角 $\beta$ の減少に伴い $\epsilon_3$ は膨張が増大し、 $\beta=0^\circ$ で最大値(-2.9%)となり $K_{13}/K_{12}$ は減少し、 $\beta=0^\circ$ で最小値(0.87)となる。 $K_{13}/K_{12} \sim \beta$ 関係は、構造異方性の上記特性を応力(反力)からみたものといえる。したがって、 $\beta=0^\circ$ の $\epsilon_3, K_{13}/K_{12}$ は、構造異方性の度合の定

表-1 せん断試験条件と破壊時諸量

| $b$ 値 | 切り出し角 $\beta$ | 初期間隙比 $e$ | $(\Delta U/\sigma_1)_f$ | $(\sigma_1/\sigma_3)_f$ |
|-------|---------------|-----------|-------------------------|-------------------------|
| 0.0   | 0°            | 3.05      | 0.69                    | 4.69                    |
|       | 30°           | 3.21      | 0.58                    | 3.12                    |
|       | 60°           | 3.20      | 0.71                    | 4.78                    |
|       | 90°           | 3.24      | 0.74                    | 4.34                    |
| 0.5   | 0°            | 3.32      | 0.58                    | 3.50                    |
|       | 30°           | 3.36      | 0.77                    | 6.17                    |
|       | 60°           | 3.24      | 0.65                    | 4.31                    |
|       | 90°           | 3.05      | 0.81                    | 7.95                    |
| 1.0   | 0°            | 3.02      | 0.45                    | 3.45                    |
|       | 30°           | 3.07      | 0.76                    | 5.89                    |
|       | 60°           | 3.02      | 0.47                    | 2.67                    |
|       | 90°           | 3.20      | 0.76                    | 4.93                    |

量化への有力な指標となろう。

## (2) 純粋三軸圧密非排水試験

(i) 変形特性 図-5に一例として、 $b=0$ 試験の $\beta=90^\circ$ 、 $0^\circ$ の有効応力比 $\sim$ 主ひずみ関係を示す。 $\beta=0^\circ$ のとき、 $\sigma'_2=\sigma'_3$ にもかかわらず、 $\varepsilon_2$ と $\varepsilon_3$ が大きく異なっているが $\beta=90^\circ$ に近づくほど、 $\varepsilon_2$ と $\varepsilon_3$ の差は減少し、 $\beta=90^\circ$ では、 $\varepsilon_2=\varepsilon_3$ となる。このことは堆積面内より堆積面の法線方向に膨張が顕著であることを意味し、鬼塚<sup>1)</sup>らの指摘とも一致し、構造異方性の影響を顕著に受けていることがわかる。図は省略したが、 $b=1.0$ のときは、 $\varepsilon_1$ と $\varepsilon_2$ に同様のことがいえるが、 $b=0$ ほど顕著でなく、 $b=0.5$ のときは、変形に及ぼす構造異方性の影響は最も小さいことが認められる。

(ii) 間隙水圧特性(図-6参照)  $\beta=90^\circ$ の場合、 $b$ 値にかかわらず破壊時の間隙水圧 $\Delta U_f/\sigma_c$ は約0.75であり、既報<sup>4)</sup>の間隙水圧特性と一致するが、 $\beta<90^\circ$ では、 $b$ 値により大きく異なる。切り出し角 $\beta$ との関係に注目すると、 $b=0$ は、 $\beta$ の影響が最も小さく、 $b=0.5, 1.0$ は大きい。また $\beta$ の増加に伴う間隙水圧の大きさも圧縮側( $b=0$ )と、伸張側( $b=0.5\sim 1.0$ )でその様相を異にしている。

(iii) 強度特性(図-7参照) 切り出し角 $\beta$ と破壊時の主応力比 $(\sigma'_1/\sigma'_3)_f$ の関係も、先の間隙水圧特性と同様、 $b=0$ が $\beta$ の影響は最も小さく、 $b=0.5, 1.0$ は、 $\beta$ の影響を強く受ける。また、圧縮条件( $b=0$ )で、 $(\sigma'_1/\sigma'_3)_f$ は $\beta=30^\circ$ で最小値、 $\beta=60^\circ$ で最大値を示すが、伸張側( $b=0.5, 1.0$ )では、相反する傾向を示す。圧縮条件( $b=0$ )の $\beta$ と破壊時の主応力比 $(\sigma'_1/\sigma'_3)_f$ の関係は、鬼塚らの結果<sup>1)</sup>と全く同様であり、(潜在)すべり面と堆積面のなす角

## 4. あとがき

紙数の都合もあり、結果の考案が不十分の感は否めないが、圧縮と伸張条件で、強度特性が逆転する事実(図-7参照)は、強度特性を有する地盤の支持力、安定問題にとって重要であり、今後考察を深めていくとともに、構造異方性の定量化、構造異方性を有する粘性土のモデル化にも取り組んでいきたい。

## 参考文献

- (1) 鬼塚・林・平田・村田(1976): 土質工学会論報, Vol.16, No.3.
- (2) 東・高山(1985): 農業土木学会論文集, Vol.119.
- (3)(4) 棚橋・川口他(1985,1986): 第20, 21回土質工学研究発表会
- (5) 三笠・高田・大島(1984): 土と基礎, Vol.32, No.11.

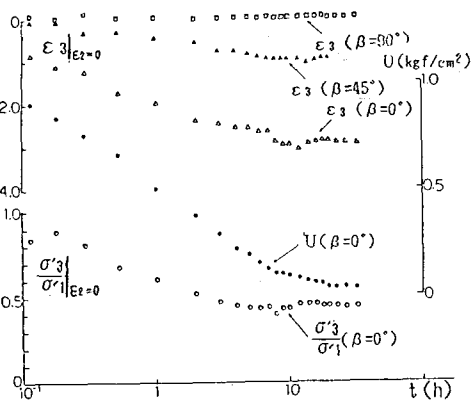


図-2 一方向拘束の最小主ひずみの経時変化

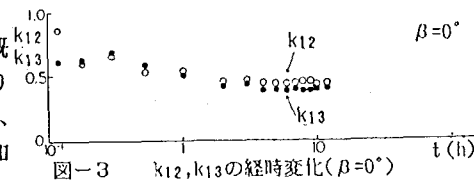


図-3  $k_{12}, k_{13}$ の経時変化( $\beta=0^\circ$ )

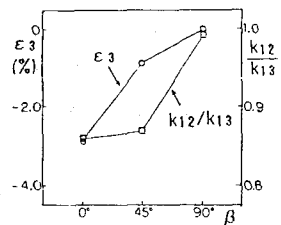


図-4 一方向拘束の最小主ひずみと $k_0$ 圧密の $k_{12}/k_{13}$

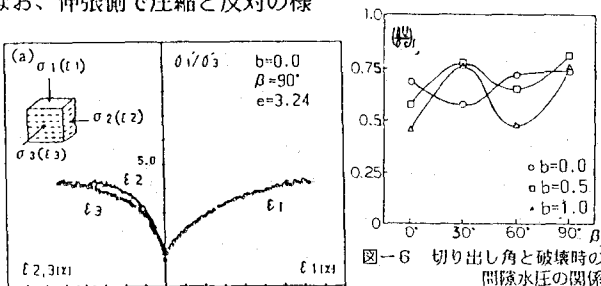


図-6 切り出し角と破壊時の間隙水圧の関係

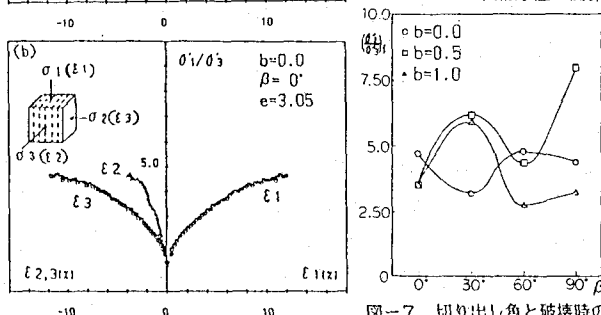


図-7 切り出し角と破壊時の有効応力比の関係

図-5 有効応力比と主ひずみの関係の一例