

東海大学 学員 ○江種 武典
東海大学 正員 赤石 勝
東海大学 正員 稲田 倍徳

1. まえがき

軟弱地盤改良のため、現在多くの工法が行なわれている。その一つとして、粘土層に砂柱を打設する工法が、しばしば採用されている。本研究は、粘土層にサンドコンパクションパイルを打設した複合土を想定し、粘土、砂、それぞれ単体土のせん断試験と粘土供試体の中心に砂柱を締固めて打設した複合土のせん断試験を行い、その結果をもとに単体土と複合土の変形量と強度の関係について比較検討した。ただし、砂柱の打設に伴う周辺粘土の乱れや締固めおよびせん断中砂柱による周辺粘土の圧密排水効果などについては考慮していない。

2. 試料および実験方法

2.1) 試料 実験に用いた粘土は、柏市の地下5m付近より採取した沖積粘土で、その性質は、表-1に示した。また、砂柱の試料としては、豊満標準砂を用いた。

2.2) 実験方法 試験は側圧 σ_3 を一定、圧縮ひずみ速度を $0.1\%/min$ としてひずみ制御で行い、それぞれの供試体について σ_3 を $0.4, 0.8, 1.2, 1.6, 2.0 \text{ kgf/cm}^2$ と変化させた。1) 砂単体については、直径 5 cm 、高さ 10 cm の円柱供試体を作成し、圧密排水試験を実施した。砂の間隙比 $e = 0.65$ とし密結めとした。2) 粘土単体については、 W_L 以上で繰り返した試料を等方圧密後、直径 11.3 cm 、高さ 12.5 cm の円柱供試体を作成し再度24時間、等方圧密し、圧密非排水試験を実施した。3) 複合供試体は、砂柱部は圧密排水、粘土部は圧密非排水になるようにして三軸試験を行った。すなわち、粘土単体の供試体の中央に孔（直径 $2, 3, 4, 6 \text{ cm}$ の4種）をあけ、直径にあった先端の開いたゴムスリーブを穴の中に入れ砂柱を形成する。（図-1参照）砂柱部の間隙比は、砂単体と同じく $e = 0.65$ とした。粘土部、砂柱部をゴムスリーブとビニールシートで切断し、所定の側圧で等方圧密後コックAを閉じて、せん断試験を行った。せん断中、供試体全体の載荷荷重、砂柱部の鉛直応力、粘土部の間隙水圧、砂柱部からの排水量を測定した。

3. 実験結果と考察

図-2は、砂単体のせん断試験における主応力差 $(\sigma_1 - \sigma_3) \sim$ 軸ひずみ ϵ_1 関係である。標準砂の強度定数は、 $C_d \approx 0$ 、 $\phi_d = 41^\circ$ であり、最大主応力差は、 $\epsilon_1 \approx 3 \sim 6\%$ で生じた。図-3は、粘土単体の $(\sigma_1 - \sigma_3) \sim \epsilon_1$ および間隙水圧 u と軸ひずみ ϵ_1 の関係を示したものである。粘土の強度定数 $C_v \approx 0$ 、 $\phi_v = 27^\circ$ であり、最大主応力差は $\epsilon_1 \approx 3 \sim 6\%$ で生じた。図-4は、複合供試体（ $\sigma_3 = 0.4 \text{ kgf/cm}^2$ 、砂柱径 3 cm ）の主応力差 $\sigma_1 - \sigma_3$ 、粘土部の間隙水圧

表-1 試料の物理的性質

試料	Gs	$W_L(\%)$	$W_p(\%)$	Clay(%)	Silt(%)	Sand(%)
柏粘土	2.68	70.4	27.5	60.5	34.7	4.8

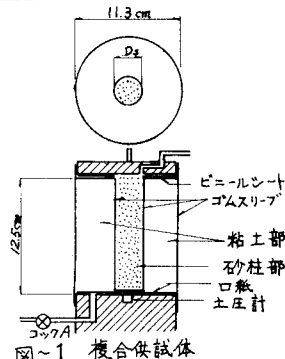


図-1 複合供試体

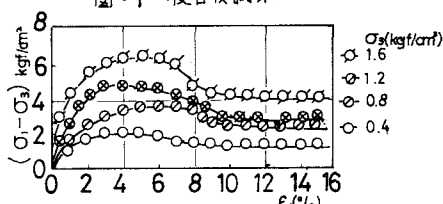


図-2 砂単体の応力-ひずみ関係

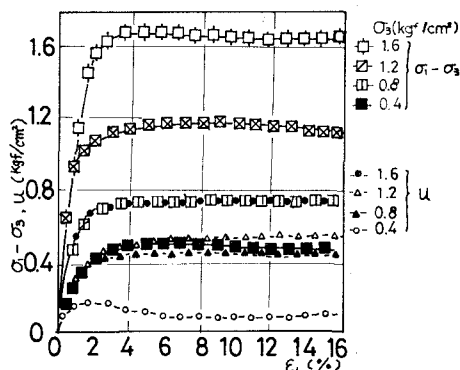


図-3 粘土単体の応力-間隙水圧-ひずみ関係

Uと軸ひずみ ϵ_1 の関係である。

図～5は、周圧 $\sigma_3 = 0.4 \text{ kgf/cm}^2$ の複合供試体の全体について砂柱径をパラメータとして示した応力～ひずみ関係である。

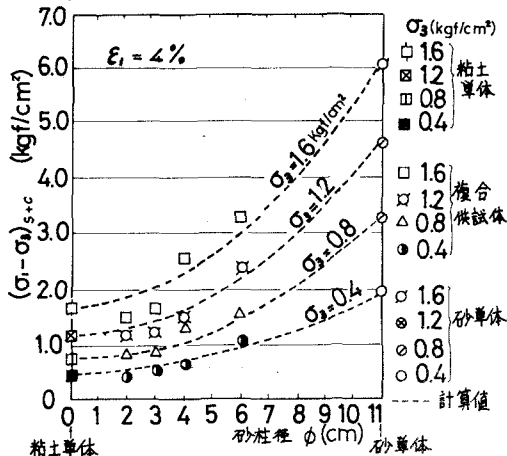
図～6の実線は、砂柱径6cmの複合供試体の全体について周圧 σ_3 をパラメータとして示した応力～ひずみ関係である。図～6の破線は、単体の試験値を用い、複合供試体(砂柱径6cm)の全体の各軸ひずみごとの主応力差を次式によって計算した値を示したものである。

$$(\sigma_1 - \sigma_3)_{s+c} = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)_s \cdot A_s + (\sigma_1 - \sigma_3)_c \cdot A_c}{A_{s+c}} \quad (1)$$

ここに A_s は砂単体、 A_c は粘土単体の面積で、複合供試体の面積は A_{s+c} で示した。

砂柱径を変化させ複合供試体の応力～ひずみ関係を計算し、主応力差の関係を示したのが図～7の破線である。図から砂柱径が大きくなるにつれて $(\sigma_1 - \sigma_3)_{s+c}$ の大きさが増すが、粘土単体の $(\sigma_1 - \sigma_3)_c$ と砂柱径の小さい複合供試体の $(\sigma_1 - \sigma_3)_{s+c}$ を比較すると、複合供試体のほうが小さい。砂柱の打設時にいて粘土を乱したことが原因と思われる。

複合供試体の全体の強度定数を求めるため、破壊時の $(\sigma_1 - \sigma_3)_f / 2$ と $(\sigma_1 + \sigma_3) / 2$ の関係を描いたのが図～8である。複合供試体の強度線は、粘土単体と砂単体の強度線の間位置し、砂柱径の大きいものがより砂単体の強度線に近いことを示している。

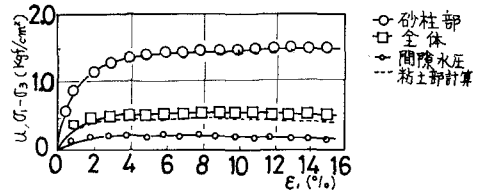


図～7 $(\sigma_1 - \sigma_3)_{s+c}$ と砂柱径の関係

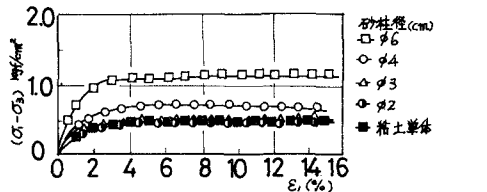
4. あとがき

一連の実験を実施し上記の結果を得たが、複合供試体のせん断試験結果のバラツキが大きく、必ずしも満足な結果が得られていない。今後、引き続き研究を行う予定である。最後に、実験に協力していただいた本学卒業生竹内、遠藤の両君に感謝する。

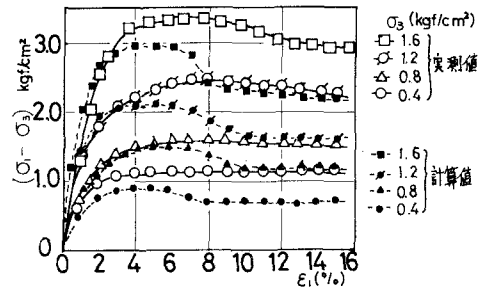
5. 参考文献 稲田 信徳：軟弱地盤における土質力学 P333～P354



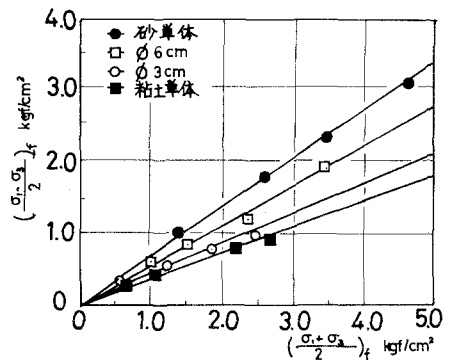
図～4 複合供試体の試験結果($\sigma_3 = 0.4 \text{ kgf/cm}^2$ 、砂柱径3cm)



図～5 砂柱径をパラメータとした複合供試体($\sigma_3 = 0.4 \text{ kgf/cm}^2$)の応力～ひずみ関係



図～6 複合土の応力～ひずみ関係(砂柱径6cm)



図～8 粘土および砂単体と複合供試体の破壊時の応力