

東海大学 工学部 正 員 楠田 倍穂
 東海大学 工学部 正 員 赤石 勝
 東海大学 大学院 学生員 ○深見 史郎

1. まえがき

近年、サンドコンパクションパイル工法など、一般に地盤中に砂柱を形成して軟弱地盤を改良する工法がしばしば採用されている。このようにして形成された複合地盤では、砂柱に載荷重が集中し地盤全体としての支持力を向上させることがわかってきている。しかし複合地盤の力学的性質や挙動が複雑なため、解析及び設計上の取り扱いに未解明な点が多い。そこで本文では、複合地盤の支持力特性を解明するための基本的な問題であるせん断強度と、せん断中の砂柱部の挙動、応力分担比を調べるため一連の三軸圧縮試験による実験的研究を行ない二三の考察を加えた結果について報告する。

2. 試料と実験方法

2.1) 試料 試料としては、東京湾岸道路予定地から採取した海成粘土の74μフルイ通過分を用いた。粘土分66%、シルト分34%、液性限界 $W_L=63\%$ 、塑性指数 $I_p=29\%$ であった。また中粒砂に豊浦標準砂を用いた。

2.2) 複合供試体の作成と実験方法 試料を液性限界付近の含水比で十分練り返し、等方圧密圧力 P (P は $0.2 \sim 0.4 \sim 0.6 \text{ kg/cm}^2$ の三種類である)で予圧密した粘土塊から直径11cm高さ14cmの供試体を作成した。この供試体中央に筒径2.2cmの穴をあけ、三軸室内に供試体をセットした。砂を水で飽和させるがう一定密度(1.8 g/cm^3)で詰めた。そして再び予圧密と同じ等方圧密圧力 P で圧密した。圧密開始48時間後、圧密の終了を確認しヒズミ制御法により約 $0.11 \text{ \%min}$ の速さで圧縮試験を行なった。なおせん断中図1のような複合供試体の上部に、砂柱の直径のおおきさの穴のあいたビニールシートを敷いて粘土部の上部からの排水を防ぎ、砂柱部からのみ排水を許した。またせん断中粘土部から砂柱部へ水が流れないようにすると共に粘土の非排水せん断を行なうため、粘土部に発生する間けき水圧を常時ゼロになるように側圧を逐次変えた。従って、複合供試体の砂柱部は排水せん断、粘土部は非排水せん断の条件を与えたことになる。また砂柱の下部にゴムスリーブの切片をかぶせて、粘土部の間けき水圧を供試体下部で測定した。図2は、せん断中に測定したヒズミに対する応力及び排水量の模式図である。複合供試体全体に加わる上載荷重の鉛直有効応力を σ'_c とすると、 σ'_c は荷重計(L.C.)によって測定できる主応力差 $(\sigma'_t - \sigma'_s)$ により求められる。側圧 σ'_s は水銀マノメーターにより測定される。また三軸試験機の底部に取り付けた小型土圧計(直径1cm)E-Pで砂に加わる有効応力 σ'_s が測定される。粘土部にかかっている有効応力 σ'_t は測定することができないので、次の鉛直方向の釣合から求めた。

$$\sigma'_t = (\sigma'_t A - \sigma'_s A_s) / A_c$$

ここで A, A_s, A_c はそれぞれ全体、砂柱部、粘土部の断面積である。これより応力分担比 $R = \sigma'_s / \sigma'_t$ を求めた。

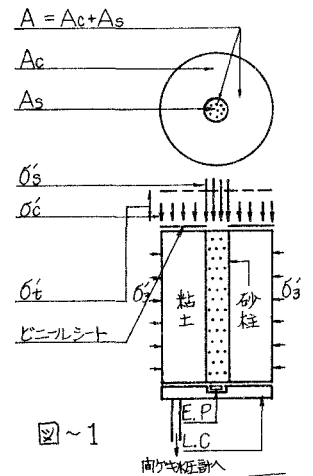


図1

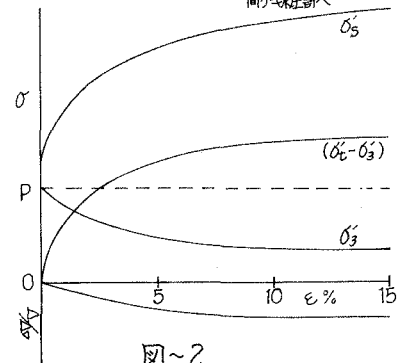


図2

3. 実験結果と考察

図-3は、砂柱直径 $d_s=2.2\text{cm}$ における複合供試体の有効応力経路図の一例である。データに多少のバラッキはあるが、各ストレスパスはほぼ原点を通る一つの破壊線上に集まっておりせん断前の圧縮圧力 P に無関係のようである。この破壊線の傾角から複合供試体全体のせん断抵抗角を求めると約 37° である。粘土と砂のせん断抵抗角はそれぞれ 35° と 40° であるので、複合供試体はほぼその中間に入っている。粘土と砂という異なった強度定数をもつ土から構成される複合供試体が一つの固有の強度を持ち、その大きさが砂柱部の間ゲキ比や粘土と砂の割合などから簡単に求められれば設計上非常に便利である。図-4は、同じく $d_s=2.2\text{cm}$ の場合の複合供試体およびその粘土部分の応力～ヒズミ曲線図である。複合供試体の主応力差は、粘土部にくらべてかなり大きい値を示した。また複合供試体の粘土部の主応力差とせん断抵抗角は、粘土単独のせん断試験から得られたそれぞれの値とはほぼ等しかった。図-5は、 $P=0.4\text{kg/cm}^2$ で砂柱の直径 d_s を変化させた場合の砂柱部の応力～ヒズミ曲線である。砂柱の直径が小さい $n=5$ (n は複合供試体全体と砂柱の直径比)ある程度では、せん断とともにその主応力差が増大し砂柱の直径が大きくなり $n=25$ ではせん断とともにむしろ主応力差が減少する傾向を示している。砂柱の直径が両者の中間 $n=36$ では、せん断中主応力差がほぼ一定という興味ある結果を示している。せん断終了時には、ほぼ同じ主応力差になっていることから、せん断中の応力～ヒズミ曲線は砂柱を拘束する粘土の厚さに大きく支配されるようである。図-6は、応力分相比 R とヒズミの関係を示したものである。せん断前における分相比 R の値には、砂柱形成時の影響が大きく表われバラッキが大きく正確な R が測定されているか疑問が残る。しかしそのバラッキもせん断応力が加わると急激に変化しほぼ $R=4\sim6$ 程に落ち着いている。またせん断初期すなわちヒズミ30%あたりまでに R はさらに減り、それ以降はほぼ一定あるいはせん断ヒズミが増加するにしたがってわずかに減少する傾向が見られる。せん断終了時にはほとんど3~4の範囲に入っている。

4. むすび

- (1) 複合地盤のせん断抵抗角は、粘土と砂のせん断抵抗角および複合地盤全体と砂柱の直径比 n に支配される。 $n=5$ のせん断抵抗角は、粘土と砂のほぼ平均値に近い値を示した。
- (2) 応力分相比 R は、せん断とともに減少し3~4の範囲となる。現在砂柱部の直径 d_s を変化させて実験中であり、講壇時にはそれらのデータもあわせて発表したい。

5. 参考文献

松尾徳他 “砂柱を含む粘土の力学的性質に関する研究” 土木学会論文集第141号 S 42.5

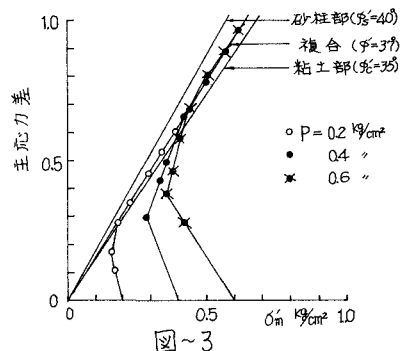


図-3

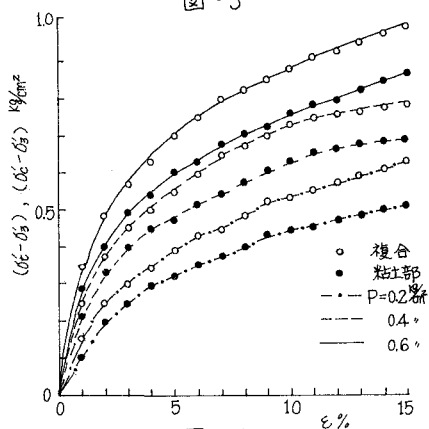


図-4

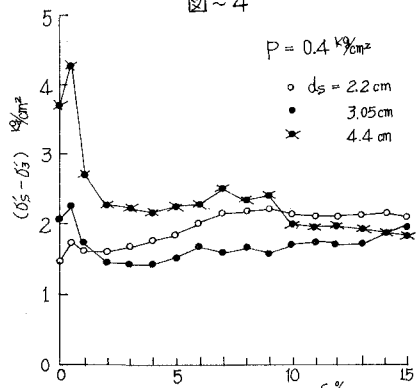


図-5

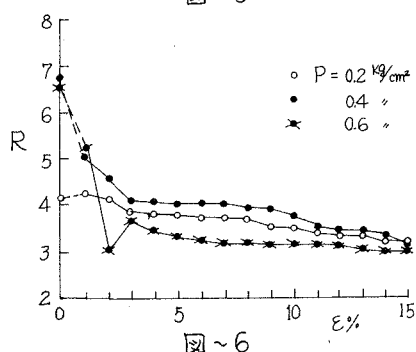


図-6