

複合地盤要素のせん断挙動

愛媛大学工学部 榎 明潔・八木 則男・矢田部 龍一
同 上 ○松木 久
東電設計 (株) 田坂 嘉章

1. ま え が き

締固め砂杭で軟弱粘性土地盤を改良した複合地盤要素のせん断挙動を室内実験と数値解析で調べた。本研究では、対象を砂杭を一本だけ含んだ複合地盤要素とし、また、盛土直下の主動破壊を起こす領域について考えている。そして、せん断時の砂杭と粘土それぞれの応力状態に着眼して、実験と数値解析を行なった。また、一次元圧密中に砂杭への応力集中が生じていることは既に述べた¹⁾が、ここでは数値解析により、その応力集中が複合地盤要素のせん断強度に及ぼす影響を調べた。

2. 実験装置および方法

実験装置は、Fig. 1 に示すように三軸試験装置を改造して複合地盤要素を供試体として設置できるようになっている。砂杭と粘土はそれぞれゴムスリーブで被われていて、体積変化、間隙水圧は独立して測定できる。砂杭を被うゴムスリーブの中央部は二重になって薄い水の層を挟んでおり、そこに生じた水圧を測定することで砂杭と粘土の境界面の応力を知ることができる。砂杭下部のペDESTALはピストンになっており、砂杭部の鉛直荷重および変位を調整できる。載荷板の直径は10cm、砂杭の直径は5cm、高さ10cmで置換率は25%となる。使用した試料は豊浦標準砂と藤の森粘土で、まず練り返した粘土を、砂杭の代わりにアクリル棒を入れた予圧密土槽に入れ、 1.0 kgf/cm^2 で予圧密のち、その中空円筒状の粘土を、あらかじめ水袋付きのゴムスリーブを取り付けておいたFig. 1の三軸装置にセットし、ゴムスリーブの中に飽和した砂を締め固めて入れ砂杭を作製する。次に、載荷板を載せて粘土のまわりにもゴムスリーブを被せて複合地盤要素を形成する。砂と粘土がそれぞれ所定の応力状態となるように側圧、砂杭と粘土への軸圧を調整して圧密を行なった。圧密終了後、三軸圧縮試験機を用いて一定側圧、定至速度($0.0625\%/ \text{min}$)で砂は排水、粘土は非排水でせん断を行なった。ただし、ここでは砂、粘土ともに等方圧密した状態から行なったせん断試験結果を主に述べる。

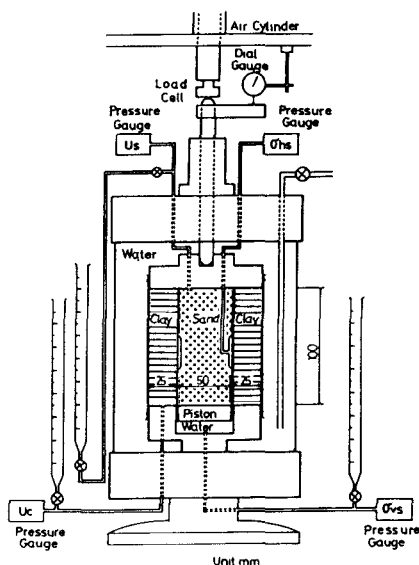


Fig. 1 実験装置

3. 実験と数値解析の結果および複合地盤要素のせん断挙動

複合地盤要素のせん断時における挙動の数値解析には、Fig. 2 に示すようなモデルを用いた。このモデルは断面積の異なる砂と粘土の三軸供試体に砂は排水、粘土は非排水の条件で同じ鉛直荷重を与えるようになっている。ただし、両方の三軸セルの側圧は等しく、圧縮中は一定である。

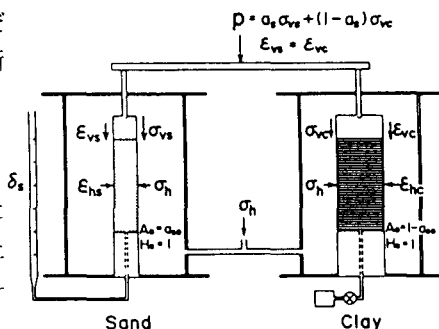


Fig. 2 複合地盤要素モデル

実験と数値解析の結果を比較するためにFig. 3に、せん断時の砂

と粘土の応力～歪関係を、Fig. 4に砂と粘土の応力経路を示す。これらの図から実験結果と解析結果には実験誤差や用いた応力～歪関係の適合性に起因する定量的な違いがわずかにあるものの、定性的には非常に似た傾向を示しておりモデルの妥当性が示された。なお、実験中、砂と粘土の境界圧 σ_h は側圧(2.0kgf/cm²)にはほぼ等しかった。次に、初期応力状態、つまり圧密終了時の応力状態がせん断強度に与える影響についての数値解析結果をFig. 5に示す。

縦軸は鉛直深さ z 、鉛直深さ z に相当する土圧 σ_v 、横軸はせん断強度 τ 、砂杭への応力集中を表わす応力分担比 n' である。ここで、 n' は応力全体を用いた σ_v/σ_h である。また、図中、実線は圧密終了時、破線は破壊時のものである。図より、圧密終了時、浅部($\sigma_{v,0}=0.5\text{kgf/cm}^2$)は深部($\sigma_{v,0}=2.0\text{kgf/cm}^2$)に比べて n' が大きい、つまり応力集中によって破壊状態に近くなっている、せん断時には破壊に至るまでにせん断抵抗が少ししか発揮できない。しかし、深部へ移行するにつれ圧密終了時に地盤は破壊状態から遠い状態にあるので、せん断時には破壊に至るまでにせん断抵抗が多く発揮できると考えられる。

4. あ と が き

複合地盤のせん断強度を求める従来の慣用算法は、すべり面上で直接せん断が生じると仮定し、砂と粘土の強度を面積比例で加える次式を用いている。

$$\tau = a_{s0}(\gamma_s z + \mu_s \Delta p) \tan \phi_s \cos^2 \theta + (1 - a_{s0}) c_u$$

ここで、 $\gamma_s z$ は砂の土被り圧、 μ_s は応力集中係数、 θ はすべり面が水平面となす角、 c_u は粘土の非排水強度である。この式では、砂杭への応力集中の度合いが大きいほど複合地盤のせん断強度が増加する。しかし、すべり面において面を拘束した直接せん断的な破壊が生じないで単純せん断などのように面を拘束しない要素としての破壊が生じるとすれば、この考え方は妥当でない。つまり圧密中の応力集中により、特に浅部の砂杭は破壊に近い応力状態からせん断されるので、危険側となる可能性がある。逆に深部では、破壊状態から遠い応力状態からせん断されるので、ある程度の強度が期待できる。以上のようなことを考慮した設計法の開発が今後の課題である。

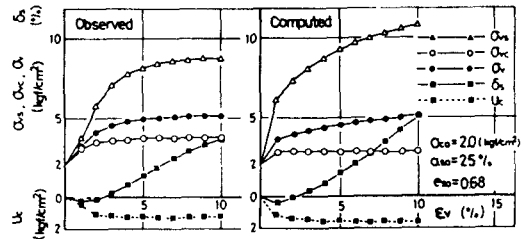


Fig. 3 せん断時の応力～歪関係

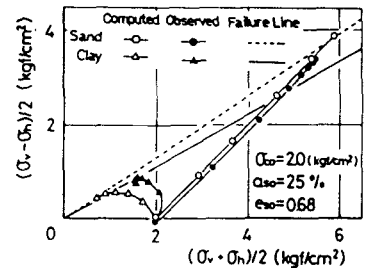


Fig. 4 せん断時の応力経路

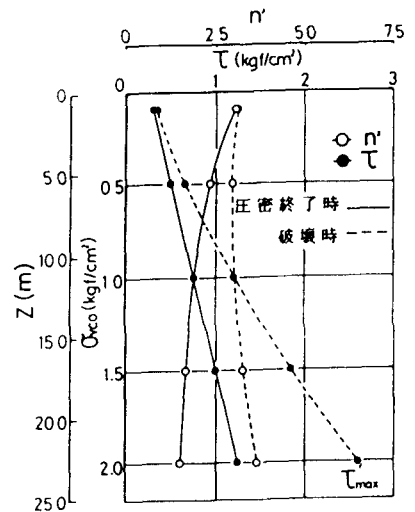


Fig. 5 初期応力状態とせん断強度

参考文献

- 1) 榎明潔・八木則男・矢田部龍一：複合地盤要素の圧密時の砂杭への応力集中，土木学会論文集第376号/Ⅲ-6，pp.201~209、1986。