

砂杭で改良した複合地盤の初期応力状態

愛媛大学工学部 正 榎明潔・矢田部龍一 学○北村秀之

1. まえがき

上載荷重に対する複合地盤の挙動は、砂杭造成後自重圧密終了時の応力状態に影響される。本研究では、軟弱粘性土地盤に砂杭を造成した直後、放置して自重圧密が終了した時の二時点での複合地盤の応力状態を室内実験で調べ、それらがその後の挙動にどう影響するかを数値実験で調べる。

2. 複合地盤の初期応力状態

実験装置の概略図を図-1に示す。この装置はあらかじめ初期置換率 $a_{s0}=16.8\%$ で粘土供試体内に設けた砂杭を拡張することによって、現場の砂杭打設を模している。試料は豊浦標準砂および京都府産の藤の森粘土である。砂杭は密詰め(初期間隙比 $e_{s0}=0.68$)で行い、粘土は先行圧密圧力 $\sigma_{vc0}=1.0 \text{ kgf/cm}^2$ で圧密してあり初期含水比は $w_0=39.0\%$ である。造成時の砂杭・粘土の応力状態と側方歪の関係を図-2に示す。本実験において造成終了時の粘土の側方歪は3.7%程度で、造成中の σ_{vs}/σ_h 、 $\sigma_{vc}-\sigma_h$ をみるかぎり砂杭・粘土ともほぼ破壊している。

砂杭造成終了時(自重圧密初期)の置換率は $a_{s1}=22.8\%$ で、砂杭の間隙比は $e_{s1}=0.73$ である。この状態のまま $\sigma_{vc1}=1.0 \text{ kgf/cm}^2$ で圧密したときの応力および歪と、時間の関係を図-3に示す。自重圧密初期における複合地盤の応力状態は $\sigma_{vc1}=\sigma_{vs1}=1.0 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $\sigma_{h1}=0.8 \text{ kgf/cm}^2$ 程度である。その後の自重圧密の進行にしたがって σ_{vs} は増加、 σ_{vc} は逆に減少するが、最終的には一定値に落ち着いている。従来の設計法では、自重圧密期間中の土被り圧による応力集中は全く考慮されていないが、実験結果によると圧密終了時に応力分担比が $n'=(\sigma_{vs}/\sigma_{vc})=2.3$ 程度の応力集中が生じており、複合地盤の設計の際には土被り圧による応力集中も考慮すべきである。自重圧密初期において粘土・砂杭ともその応力状態はほぼ等方に近いものであり、その後の粘土の圧密により砂杭への応力

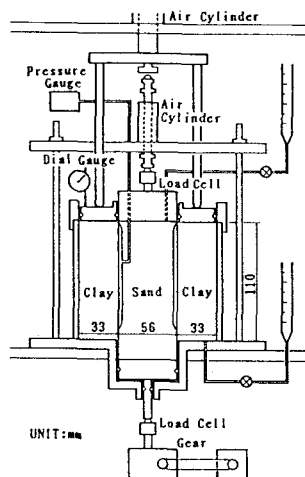


図-1 実験装置

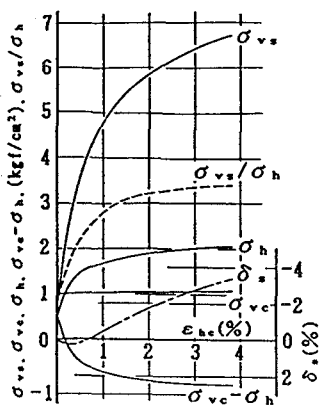


図-2 砂杭造成

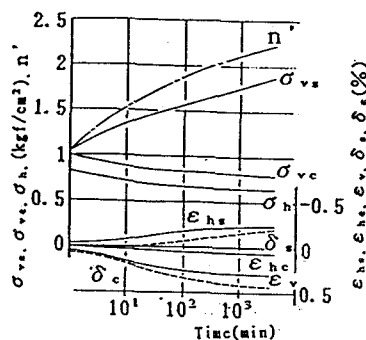


図-3 自重圧密

集中が生じて σ_{vc} は減少する。粘土の側方歪 ϵ_{hc} は、砂杭の側方歪 ϵ_{hs} に比べかなり小さい。本実験に関して、自重圧密終了時の応力状態(初期応力状態)は、砂杭はほぼ K_0 状態となっているが、粘土は等方に近い応力状態になっているといえる。

3. 初期応力状態の圧密およびせん断挙動への影響

初期条件を $P_0=1.0 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $e_{s0}=0.68$ 、 $a_{s0}=25.0\%$ として行なった複合地盤要素の一次元圧密挙動の数値解析結果を図-4に示す。(a)は初期応力状態が砂・粘土ともに等方、(b)は砂・粘土ともに K_0 、(c)は砂

が K_0 ・粘土が等方、の場合を想定している。なお、従来の設計法に用いられている応力分担比 n は鉛直応力の土被り圧からの増分で扱われていたが、2で述べたように土被り圧による応力集中を考慮して、考えている深度での土被り圧も含めた応力全体についての応力分担比 n' を定義する。圧密において重要なのは沈下量の挙動であるが、沈下量は砂杭の初期応力状態を等方とすると、 K_0 の場合の6割程度となっている。

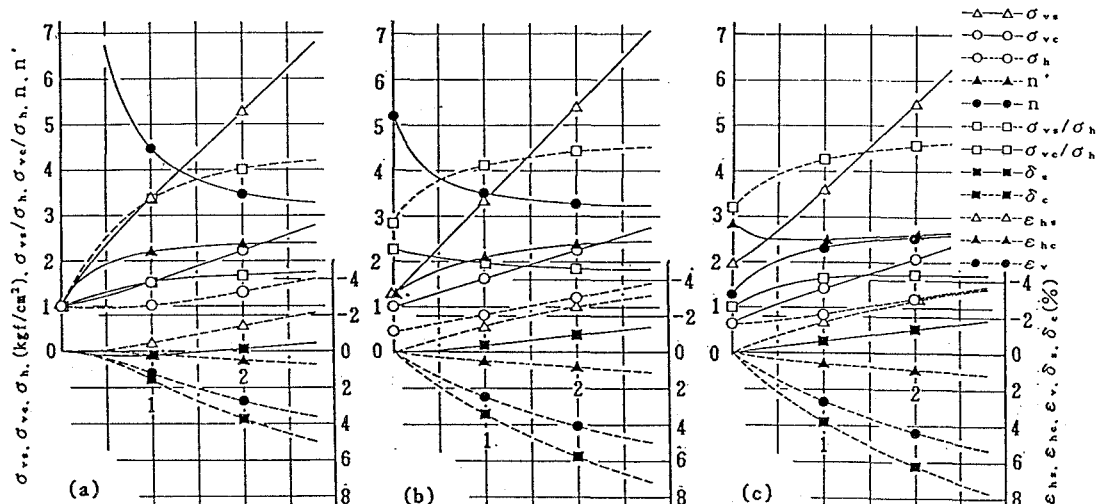


図-4 初期応力状態の一次元圧密挙動への影響

$\sigma_h = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$, $e_{s0} = 0.68$, $a_{s0} = 25.0\%$ で、一次元圧密同様、初期応力状態を3通りに変えたときの複

合地盤要素の三軸圧縮によるせん断挙動の数値解析結果を図-5に示す。側圧一定の条件下では、複合地盤要素全体の見かけの強度(図中の p)の最大値は、若干異なるものの初期状態の影響をあまり受けない。しかし、粘土の初期応力状態を等方とするより K_0 とした方が、同じ Δp に対する $\Delta \epsilon_v$ が異なり破壊歪は小

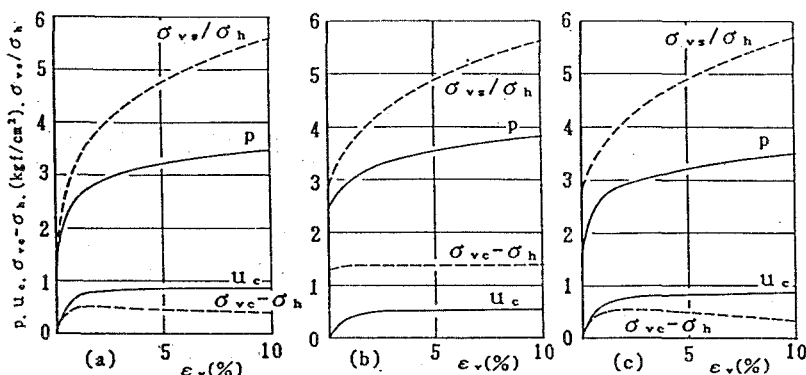


図-5 初期応力状態のせん断挙動への影響

さくなる。なお、 p_{max} に若干の相違が見られる理由は、側圧が一定であるため σ_m が等方より K_0 の方が大きく、また図を見るとわかるように、 K_0 では等方に比べ間隙水圧が小さいため粘土の強度が大きくなり、それが全体の強度に影響しているからである。

4. あとがき

本実験においては自重圧密間中にも土被り圧による応力集中は生じており、初期応力状態は、砂杭はほぼ K_0 ・粘土はほぼ等方に近い状態になっている。複合地盤の圧密挙動において重要となる沈下量は砂杭の初期応力状態を等方とすると、 K_0 とした場合より小さい値を示す。側圧を一定としたせん断挙動において、複合地盤要素全体の見かけの強度の最大値は若干異なるものの、初期状態の影響をあまり受けない。しかし、粘土の初期応力状態を等方とするより、 K_0 とした方が破壊歪は小さくなる。