

京都大学工学部 正員 松尾 稔  
 京都大学大学院 〇学生員 久我 昂

概説。軟弱粘土中によく締った砂柱を打設する、いわゆる Sand Compaction Pile 工法は近年地盤改良によく用いられる工法であるが、かかる複合地盤の圧密およびせん断時の挙動については未解明の点が多い。ここでは中空円筒形粘土の中に砂を密につめた供試体について、三軸試験機を用いて等方および側方変位のない圧密を行ない、つづいてせん断試験を行なって、得られた実験 data について若干の考察を加えた。圧密については Barron の Sand Drain に対する式の適用性を合わせて考察した。

試料および実験方法。実験に用いた試料は大阪海成粘土を実験室で練り返し再圧密した人工粘土で、初期含水比は 53~55% である。中詰砂は豊浦標準砂を用いた。

供試体の成型は mould および drill を用いて行なわれ、その寸法は直径 3.5 cm、高さ 8.0 cm で、砂柱の径は種々変化させることができる。中空に砂を適当な密度に詰め、水を送って飽和させる。間げき水圧および排水量の測定は改良された Cap および Pedestal を通して行なわれ、圧密終了後排水栓は間げき水圧測定装置に連結され、せん断中の砂中および粘土中の間げき水圧は同時に測定されるようになっている。なおせん断開始前に 0.5 kg/cm<sup>2</sup> の back pressure が導入されている。

実験結果および考察。図-1 は圧密時の間げき水圧を時間の対数に対して plot した例である。Sand Pile の径は 1.0 cm である。等方圧密中の間げき水圧の変化は Barron のいわゆる Sand Drain の式とよく一致している。しかし側方変位のない圧密についてはかなりの差異がみられる。すなわち圧密初期においてかなり早く間げき水圧が消散し、反対に終期においてそれが遅れている。

これは圧密初期においては側圧の減少とともに消散が早くなるが、次第に増加する deviator stress のため発生する間げき水圧が加算され、後期にはかえって遅れるという上述の現象を呈するのである。

実際の地盤は側方変位のない状態で圧密を行なうので Barron の式をそのまま適用するのは多分に問題がある。 $d_s$  (杭径) を変化させても同様の結果を得ている。

図-2 は  $d_s$  に対して沈下量を plot したもので、杭径が大きくなるにしたがって沈下量が少なくなっている。

これは杭への応力集中の結果である。沈下を減少させるための砂杭の効果はかなり大きいと考えられる。われわれが通常行なう等方圧密にくらべて、実際の地盤の挙動により近い側方変位のない圧密はかなり大きな沈下量を示すことも注意すべきである。

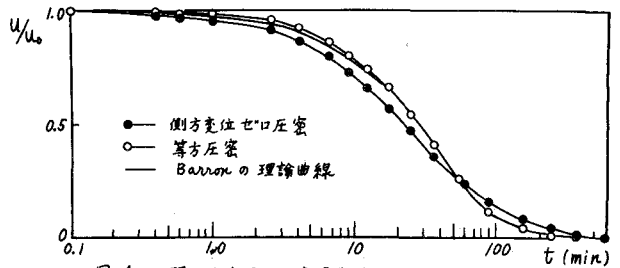


図-1 間げき水圧 ~ 時間曲線

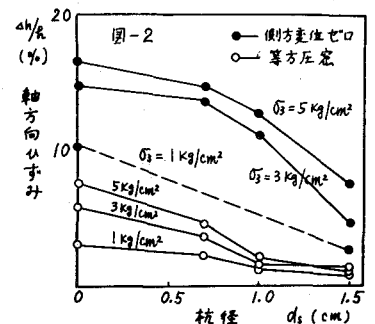


図-3は杭径 $d_s$ を変えた場合の $(\sigma_1 - \sigma_3)$ を軸方向ひずみに対してplotしたもので、側圧は $3 \text{ kg/cm}^2$ 、中詰砂の密度は $1.72 \text{ g/cm}^3$ である。杭径の増加とともに同一ひずみに対する $(\sigma_1 - \sigma_3)$ は増加する傾向にある。そして $d_s = 1.0 \text{ cm}$ まではその $\text{Stress} \sim \text{Strain}$ 関係が粘土のそれに類似しているが、 $d_s = 1.5 \text{ cm}$ については砂のそれに類似する傾向にある。

また粘土の含水比が図に示すように、 $d_s$ が大きくなるにつれて大きくなっているにもかかわらず $(\sigma_1 - \sigma_3)$ の値が増加しているのは杭の効果のあらわれである。

図-4は等方圧密した場合について、(1)式を使って補正した計算値( $a=1, k=1$ とした)と実測値を比較したもので、両者がほとんど一致するのは注目すべき点である。

$$(\sigma_1 - \sigma_3) = a \left[ \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)_c A_c + k(\sigma_1 - \sigma_3)_s A_s}{A_t} \right] \quad (1)$$

Suffix C: clay, S: Sand, t: total を表す。

しかし砂の dilatancy によるせん断中の粘土の圧密効果等、複合土固有の複雑な現象を伴っているはずだから、(1)式のように面積のみにもとづく算定方法は厳密な意味で妥当性を欠いているのかもしれない。

図-5はせん断中の発生間げき水圧を軸方向ひずみに対してplotしたものである。等方にくらべて側方変位のない圧密後の供試体は発生間げき水圧が小さい。これは前者にくらべて後者はせん断中の平均応力が $1/2$ 程度であるのに加えて、圧密時に発生する deviator stress により、せん断試験前にかなりの量の間げき水圧が消費されるためであろう。複合土の発生間げき水圧は粘土だけのそれにくらべて小さい。これは砂にはせん断中正の dilatancy が発生し粘土から砂に水の供給があこりそのため粘土中の間げき水圧が小さくなると考えられる。しかし粘土と砂の間げき水圧を比較すると前者が少し大きく、砂単独のせん断試験から類推される場合と逆の結果になっている。

これは砂が粘土により拘束されているため、実際に砂にかかっている側圧 $\sigma_3$ が大きくなっていることも考えられるが考察中である。

以上複合土の挙動について若干考察を加えたが、現象が非常に複雑なため未知の要素が多く、今後さらに研究を進めていく考えである。

参考文献 R. A. Barron. Consolidation of Fine Grained Soils by Drain Wells.  
Trans. of ASCE. June 1947

