

チューブ貫入によって発生する砂地盤の間隙水圧挙動と砂粒子の移動

防衛大学校 佐藤葵・正垣孝晴

(株) 竹中工務店 技術研究所 金田一広

1. はじめに

チューブサンプリングで採取した試料の品質を規定するメカニズム解明を目指して、半割りチューブを用いた豊浦砂の模型実験から、チューブ貫入によって発生する砂地盤の間隙水圧 u 挙動と間隙比 e 変化を検討した¹⁾。本稿では、それに続く検討として、円筒チューブを用いた固定ピストンサンプラーを用いて、サンプリングチューブを地盤に貫入する際のチューブ内外の u 挙動と砂粒子の移動を豊浦砂の模型実験から検討する。

2. 供試土と実験方法

供試土は豊浦砂である。豊浦砂は自然堆積した新潟砂²⁾と同等の粒度特性を有している。豊浦砂に対するモデル試験は自然堆積した沖積の細粒分の少ない新潟砂のような地盤を想定している。図-1に示すように直径 d 48mm と 75mm の円筒チューブを貫入させたモデル試験から、チューブ内外の u 挙動と砂粒子の移動を検討する。 D_r は 3%~83% の範囲で任意の5箇所を設定した。アクリル板前面に配置したターゲットやモデル実験の概要は既報³⁾と同じである。円筒チューブの貫入で地盤に発生する u は、図-1(b)に示すように3つの異なる深度 z で測定する。間隙水圧計の受圧面はアクリル板から 5mm の位置にあり、受圧面からアクリル板表面までは、パールコーンが装着されている。チューブ外壁からアクリル板表面までは 2cm 離れている。円筒チューブの貫入と試料採取は、実際のサンプラーと同様に円筒チューブに固定ピストンを装着しており、実際のサンプリングと同様に砂表面に固定ピストンを密着させた状態でピストンを固定してチューブを貫入する。

3. チューブ内外の間隙水圧挙動と砂粒子の移動

45-mm サンプラーの upper の間隙水圧計で測定した u を例示して、円筒チューブ貫入による u 挙動に及ぼす D_r の影響を図-2に示す。チューブ外壁から 2cm 離れた間隙水圧計の位置において、 D_r 6% と 30% の u は正圧であるが、 D_r 83% の u は負圧を示している。 u が消散するのに要する時間は D_r が大きくなると長くなるが、これは D_r の増加に起因した透水係数の低下を反映していると考えている。図中の矢印は、チューブ刃先が間隙水圧計の前に到達した時間を示しているが、この z では u の最大値 $u_{\max}$ は刃先が間隙水圧計を通過した直後に発生している。

チューブ貫入による u の挙動に及ぼす円筒と半割¹⁾の影響として、45-mm の D_r 30% の例を図-3に示す。円筒の $u_{\max}$ は半割の約2倍であり、 u の消散にも時間を要している。チューブ壁面から間隙水圧計までの距離は両チューブともに同等であることから、排土効果による D_r の増加と、その結果として透水係数の低下が主因となり円筒チューブの u が大きくなったと解釈している。

チューブ内外の u は、チューブ径や D_r によって僅かに変化するが、地盤の相対密度 $D_r < 50\%$ の領域で $u < 2.5\text{kPa}$ 、 $D_r > 50\%$ では -4kPa と小さかった。このような u の値はチューブ貫入圧の 1% 程度とその値も小さいことから、チューブ貫入が採取試料の有効応力に与える影響は小さいと判断される。

図-4は 45-mm の D_r 30% のチューブ貫入によるアクリル面のターゲットの動きをベクトル表示している。図-4(a)が半割、(b)が円筒である。円筒チューブはアクリル面に現れないのでアクリル面にチューブを投影して点線で示している。また、間隙水圧計の

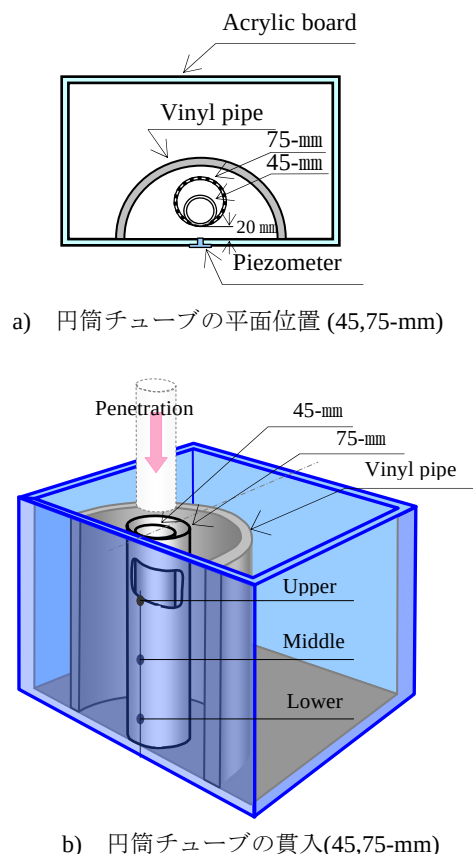
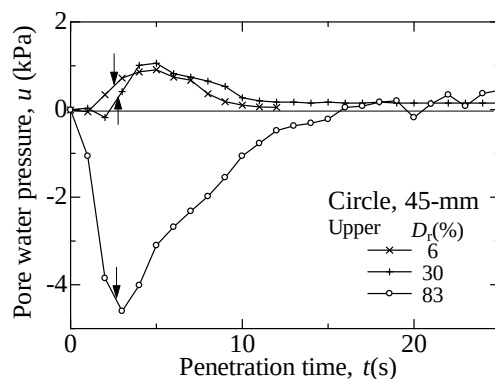


図-1 チューブ貫入の概念図 (円筒チューブ)

図-2 間隙水圧挙動に及ぼす D_r の影響 (45-mm)

キーワード：豊浦砂・サンプリング・試料の乱れ

連絡先：〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 Tel 046-841-3810

位置はターゲットが見えないので、ベクトル表示されていない。 $D_r 83\%$ の結果を踏まえ、特徴的なことは以下のように要約できる。

i) D_r が小さい円筒チューブの場合、ターゲットの移動する方向や量は不規則である(図-4(b))。これはチューブ貫入による地盤の液状化に起因したと考えている。しかし、チューブ壁面に最も近い左右の中心軸上ではチューブ貫入に引きずられたと判断される砂粒子の下方への直線移動がみられる(図-4(b))。

ii) $D_r 30\%$ の半割チューブ(図-4(a))のチューブ外側のターゲットは、外壁直近であってもほとんど移動していない。また、 $D_r 30\%$ の場合、チューブ壁面に最も近い水平方向の中心軸上のターゲットは、拘束が小さい浅部では中心軸からの距離に関係なく同じ動きをするが、深度の増加とともに拘束が大きくなると砂粒子の動きは制限されている。このような挙動は、 $D_r 83\%$ でより顕著であった。

チューブ貫入による砂地盤表面上のターゲットの垂直変位 D_s を既報⁴⁾の図-3に示す平面位置で測定した。45-mmの円筒チューブの $D_r 30\%$ をチューブ中心軸からの距離 D_c に対して図-5にプロットした。 D_s はチューブ壁面からの距離や D_c によっても変動するが、2mm程度である。同様に $D_r 3\%$ と 6% の D_s の平均値は、それぞれ4mmと3mmであった。これは図-4のターゲットの動きで考察したチューブ周辺地盤の液状化による体積変化を反映していると考えている。

$D_r 30\%$ の場合、半割チューブ貫入による e の低下は、 $e_0 = 0.854$ の地盤に対して、45-mmで0.773、75-mmで0.727であった¹⁾。一方、同じ D_r 下で固定ピストンを用いて円筒チューブで採取した試料の e の平均値 $\bar{e}$ は、45-mmで0.822、75-mmで0.803であった。固定ピストンを用いてもチューブ壁面摩擦等に起因する e の減少は不可避であることが、豊浦砂のモデル試験でも確認できた。このことはチューブサンプリングで採取した試料に対する乱れの補正法³⁾の必要性を示すものである。

4. おわりに

チューブの貫入でチューブ内部に発生する間隙水圧は、チューブの外側の半分程度であり、貫入圧の1%程度と小さい。チューブの貫入が採取試料の有効応力に与える影響は小さいと判断された。 $D_r 30\%$ ($e_0 = 0.854$) の豊浦砂地盤に対して、固定ピストンを用いて円筒チューブで採取した試料の $\bar{e}$ は、45-mmで0.822、75-mmで0.803であった。固定ピストンを用いてもチューブ壁面摩擦等に起因する e の減少は不可避であることが、豊浦砂のモデル試験でも確認できた。このことはチューブサンプリングで採取した試料に対する乱れの補正法²⁾の必要性を示すものである。

参考文献

- 1) 佐藤・正垣・金田：チューブ貫入によって発生する砂地盤の間隙水圧挙動と間隙比変化，第45回地盤工学会全国大会，2010。
- 2) Shogaki, T., Sakamoto, R., Nakano, Y. and Shibata, A. (2006): Applicability of the small diameter sampler for Niigata sand deposits, *Soils and Foundations*, 46, (1), 1-14。
- 3) 正垣・佐藤・上浦・金田：密度変化を考慮した砂の原位置動的強度・変形特性の推定法，地盤工学会誌，Vol.58, No.5, 2010。
- 4) 上浦・正垣・金田：チューブサンプリングで採取した豊浦標準砂の品質，第36回土木学会関東支部技術研究発表会，III-49, 2009。

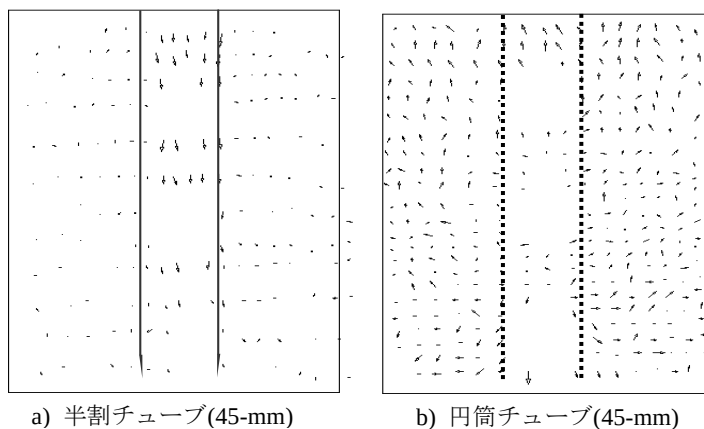


図-4 アクリル前面のターゲットの動き ($D_r 30\%$)

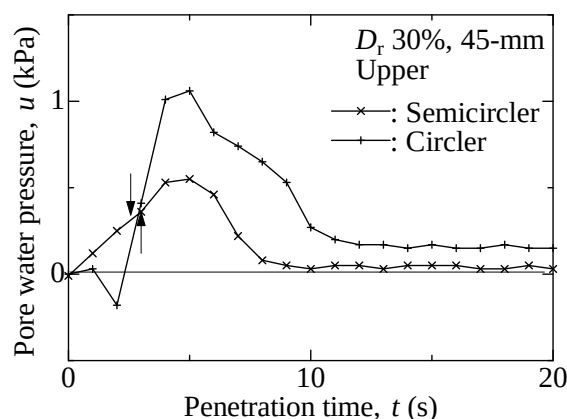


図-3 間隙水圧挙動に及ぼすチューブ形状の影響

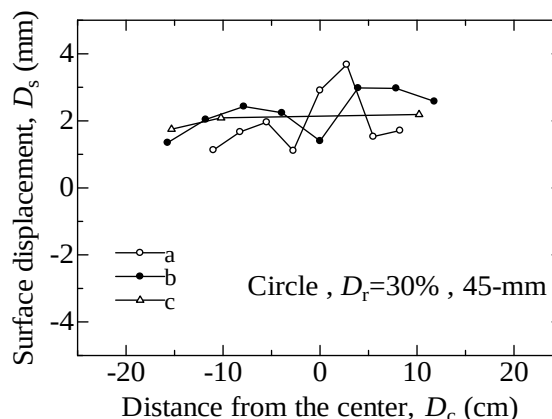


図-5 D_s と D_c の関係 ($D_r 30\%$, 45-mm)