

チューブサンプリング貫入による試料攪乱のメカニズム

防衛大学校 正垣孝晴・今村友昭

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、一連の検討^{1),2),3)}を行っている。本稿では、チューブの貫入速度と刃先角度が砂粒子の移動と間隙比に及ぼす影響を検討し、チューブ貫入による試料攪乱のメカニズムを考察する。

2. 供試土と実験方法

供試土は、豊浦砂である。チューブ内径 45mm (45-mm と表記) と 75mm (同 75-mm) の半割チューブを豊浦砂に貫入するが、刃先角度は 6° と 90° の 2 種類であり、チューブ貫入速度 S_p は 1.0 cm/sec, 3.3 cm/sec, 5.3cm/sec の 3 タイプとした。 D_r は 30%~83% の範囲で 6 種類である。アクリル前面に配置したターゲットやモデル実験は既報^{1),2),3)}と同じである。

3. チューブ貫入によるチューブ内の間隙比変化と砂粒子の移動

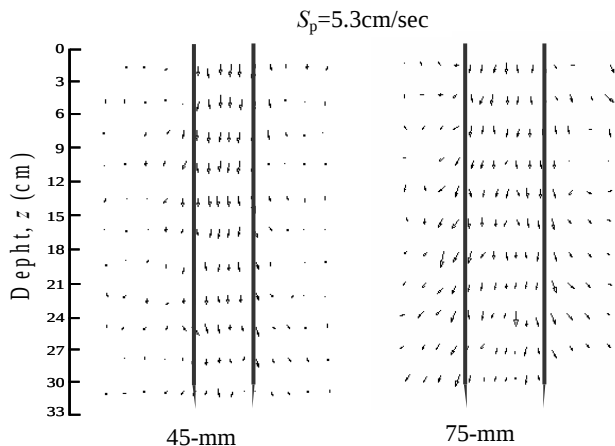
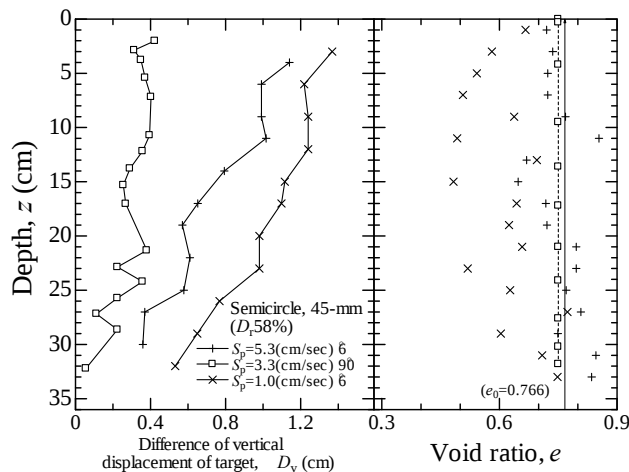
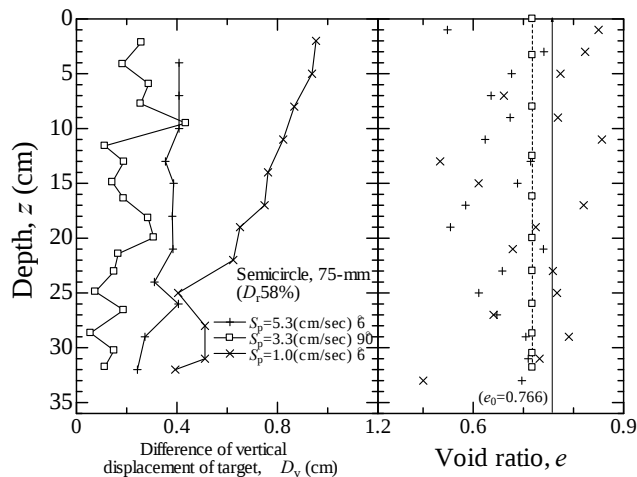
図-1 は $D_r58\%$, 刃先角度 6° , $S_p5.3\text{cm/sec}$ の 45-mm と 75-mm のチューブ貫入によるアクリル面のターゲットの動きをベクトルで表示している。チューブ内のターゲットの鉛直変位 D_v は、同じ S_p 下で 45-mm の値が 75-mm のそれより大きい、同じチューブ径の下では、 $S_p1.0\text{cm/sec}$ が $S_p5.3\text{cm/sec}$ の場合より大きいことを確認している。しかし、何れの S_p の場合にも、チューブ内の同一深度の D_r はチューブ壁面からの距離に関係なく同等であった。

図-2 は、 $D_r58\%$ の $S_p5.3\text{cm/sec}$ (6°), $S_p3.3\text{cm/sec}$ (90°), $S_p1.0\text{cm/sec}$ (6°) の D_v と 45-mm で採取した試料を 2cm 毎に区分して測定した e をプロットしている。チューブ貫入による初期間隙比 e_0 ($=0.766$) からの e の平均値 $\bar{e}$ の変化は、表-1 に示すように $S_p5.3\text{cm/sec}$ (6°) で 0.723, $S_p3.3\text{cm/sec}$ (90°) で 0.756, $S_p1.0\text{cm/sec}$ (6°) で 0.629 であり、同じ 6° の下では S_p が小さいと e_0 からの低下が大きく、 90° の場合が e_0 からの変化が最も小さい。同図の左側に示す D_v は、 e_0 からの $\bar{e}$ の変化が大きい S_p が D_v も大きいことから、 $\bar{e}$ の変化は D_v に起因していることが推察される。図-3 は同様に 75-mm の場合を示している。 D_v の大小関係は図-2 の 45-mm の場合と同様であるが、 e_0 からの $\bar{e}$ の変化は、 $S_p1.0\text{cm/sec}$ (6°), $S_p3.3\text{cm/sec}$ (90°), $S_p5.3\text{cm/sec}$ (6°) の順で大きくなり D_v の変化とは対応していない。

表-1 は図-2 と 3 の結果をまとめている。図-2, 3 と表-1 から以下の主要な結論が要約できる。

[刃先角度 6° の場合]

- 1) 45-mm に着目すると、 S_p が大きいと e の変化が小さい。 e の変化が小さいことは採取試料の乱れが小さいことを意味するが、これは 45-mm と 70-mm, 85-mm サンプラーを用いた新潟砂のサンプリング結果

図-1 ターゲットの鉛直変位 ($D_r58\%$)図-2 D_v, e と z の関係 (45-mm)図-3 D_v, e と z の関係 (75-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

表ー1 チューブ径と刃先角度による D_v, u, F_p と e の変化

チューブ	D_r (%)	e_0	刃先 角度 ($^\circ$)	貫入速度 (cm/sec)	貫入後 の e の 平均値 $\bar{e}$	試料品質の順位	
						e の変化	D_v
45-m m	58	0.766	6	5.3	0.723	2	2
				1.0	0.629	3	3
	58	0.766	90	3.3	0.756	1	1
75-m m	58	0.766	6	5.3	0.698	3	2
				1.0	0.740	1	3
	58	0.766	90	3.3	0.711	2	1

表ー2 チューブ径と刃先角度による D_v, u, F_p, e の関係

	刃先角度	チューブ径
チューブ 貫入力	$6^\circ < 90^\circ$	45-mm < 75-mm
間隙水圧	$6^\circ < 90^\circ$	45-mm < 75mm
ターゲットの 鉛直変位	$6^\circ > 90^\circ$	45-mm > 75-mm
間隙比の変化	$6^\circ \simeq 90^\circ$	$6^\circ \leq 90^\circ$

- 4)と整合する。新潟砂のチューブサンプリングでは、45-mm サンプラーで得た試料の強度・変形特性は、75-mm と 85-mm サンプラーで得たそれらと同等以上の値を示した。
- 2) 75-mm の S_p (=5.3cm/sec) が大きいと、 e の変化が大きく、45-mm の結果のそれと異なる。しかし、実務の実態に近い 1cm/sec の S_p は e の変化が小さく、上述した新潟の 45-mm と同じ傾向と判断される。 e の変化はチューブ径が複雑に影響していることが推察される。

[刃先角度 90° の場合]

- 3) 45-mm チューブの $\bar{e}$ は、75-mm のそれより e_0 に近く、 6° の 45-mm の結果と整合する。
- 4) チューブ貫入後の $\bar{e}$ は、 6° の S_p のそれらと対応しているが、刃先角度と S_p の精緻な関係付けは今後の課題である。

また、両チューブに共通する結論として、 D_v 値は 90° が 6° より小さく、 S_p が大きくなると D_v が小さくなる傾向がある。 e_0 からの $\bar{e}$ の変化が小さく D_v が小さいと、一般的に試料の品質が良いと判断される。その順位を表ー1 の右欄に示している。上述のように両者の順位が一致するのは、45-mm の場合であり、75-mm では一致していない。また、この傾向は D_r によっても変化することが推察される。

表ー2 は既報^{1),2),3)}に示す実験結果も総括して、チューブ貫入力、チューブ貫入によってチューブ内に発生する間隙水圧 u 、 D_v 、 e の e_0 からの変化の大小関係を刃先角度とチューブ径に対してまとめている。

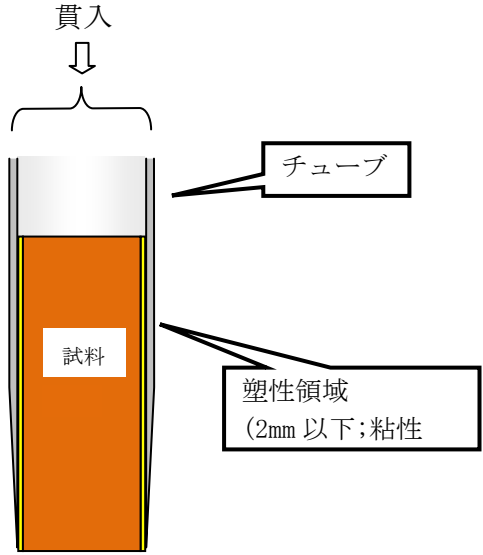
チューブ貫入で発生する u が小さく有効応力変化が小さいと、試料の乱れは小さく e の変化も小さい。 u を測定した砂粒子がチューブ貫入によって受けた全応力の絶対値を測定することは実質的には不可能である。しかし、 u の大小は全応力の大小と表裏の関係にある。この視点で表ー2 を見ると、 6° の場合 45-mm で得た試料は 75-mm のそれより品質が良いことになる。しかし、 D_v は 6° と 45-mm が大きい。図ー1 で示したように、チューブ内の e の変化はチューブ内の位置に依存しないことを考えると、チューブ壁面に接する試料が塑性化してチューブ内に一体的に納まり、壁面近傍を除く試料には、チューブ壁面摩擦等による乱れが及び難いことが推察される。

図ー4 は以上の結果を総括してチューブ貫入による試料採取のメカニズムを考察している。図ー4 に示す塑性領域の範囲は、粘性土では 2mm より小さいことが走査型電子顕微鏡による微視構造⁵⁾や強度特性⁶⁾の検討から確認されている。

4. おわりに

チューブの刃先の角度やチューブ径による砂粒子の移動や間隙比変化に関しては、一般的な通説や観念とは異なる結果が得られた。今後、現象を忠実に理解する中で精緻な検討と解釈を行いたい。

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砂粒子の移動, 土木学会第 65 回年次学術講演会, pp.329-330, 2010. 2) 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, 土木学会第 45 回年次学術講演会, pp.47-48, 2010. 3) 正垣・今村: チューブサンプリングによる間隙比変化と砂粒子の移動, 土木学会関東支部発表会, 2010. 4) Shogaki. T. et. al.: Applicability of the small diameter sampler for Niigata sand deposits, Soils and Foundations, Vol.46, No.1, pp.1-14, 2006. 5) Shogaki, T.: Microstructure, strength and consolidation properties of Ariake clay deposits obtained from samplers, Journal of ASTM International, Vol. 3, No. 7, pp.98-105, 2006. 6) Shogaki.T. and Sakamoto.R.: The applicability of a small diameter sampler with a two-chambered hydraulic piston for Japanese clay deposits, Soils and Foundations, Vol.44, No.1, pp. 115-126, 2004.



図ー4 試料攪乱のメカニズム