

小径倍圧型水圧ピストンサンプラーで採取した試料の強度特性

Strength properties of sample using a small diameter sampler with two chamber hydraulic piston

正垣 孝晴*・三輪 和美*・須藤 剛史**

Takaharu Shogaki, Kazumi Miwa, Takashi Sudoh

A new small diameter sampler with two chamber hydraulic pistons (45 sampler) was developed. An outline of the 45 sampler is shown, and its applicability is also investigated through the unconfined compression tests for the holocene and the pleistocene clay deposits in Mito city in Japan. The undrained shear strength for the samples obtained from the 45 sampler are larger than that of the stationary piston sampler (75 sampler) used by the Japanese Geotechnical Society.

Keywords: cohesive soil, unconfined compressive strength, sampling, sampler,

1. はじめに

標準貫入試験用のボーリング孔径66mmから試料径45mm、長さ500mmの乱さない試料が採取できる小径倍圧型水圧ピストンサンプラー（以後、45サンプラー）を開発した¹⁾。そして水戸市の沖積低地の深度の異なる沖積と洪積粘性土を対象にして、45サンプラーとサンプラー内径75mmの従来の水圧サンプラー（以後、75サンプラー）で採取した乱さない試料に対し、それぞれ約26、120個のS供試体（直径φ15mm、高さh35mm）²⁾を作成して、 χ - γ 縦横断位置の試料の強度・圧密特性を調べた³⁾。

本稿では、先の検討¹⁾と同じボーリング孔から採取した深度の異なる沖積・洪積粘性土の強度特性を同じ方法で調べた。45サンプラーで採取した試料の品質が良いことが示される。

45サンプラーは、次章に述べるようにサンプラーリング費用の低減や地盤調査の精度向上に寄与できる特長を有しているため、本研究で得た結果は、海洋構造物や人工島の建設の安定・変形問題に関する調査・設計に直接的に利用できる。

2. 小径倍圧型水圧ピストンサンプラーの概要と特徴

45サンプラーの断面図と主な仕様をそれぞれ図-1、表-1に示す。表-1には75サンプラーの仕様も併記した。

- 45サンプラーの外径66mmは、標準貫入試験用のボーリング孔径66mmから乱さない試料が採取できることを考慮して決定した。45サンプラーはサンプラーリング費用の低減や地盤調査の精度向上に寄与できる以下の特徴を有している。
- ① 長さ、質量が75サンプラーのそれの、それぞれ62%、46%である。サンプラーリング作業の軽減と能率向上への寄与が大きい。
 - ② χ - γ のスムーズな貫入を可能とするため χ - γ を長くした。したがって、品質の良好な試料が採取できる。

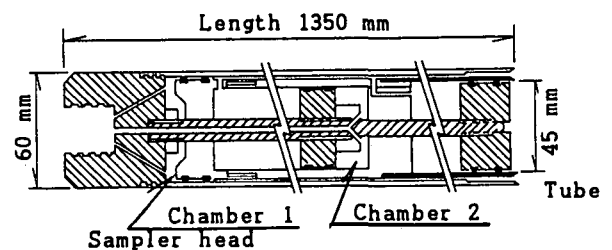


図-1 45サンプラーの断面図

表-1 45、75サンプラーの仕様

Sampler	45	75	Tube	45	75
Outer diameter(mm)	60	89	Inner diameter(mm)	45	75
Total length (mm)	1350	2165	Length (mm)	600	1000
Weight (kgf)	11	24	Length of Sample (mm)	500	800

* 正会員 防衛大学校 土木工学教室 (〒239 横須賀市走水1-10-20)

**正会員 興亜開発株式会社 (〒260 千葉市中央区都町970-9)

- ③ 図-1に示すように、ヒストソ内の中空室を2室とした。これによって、1室構造を持つ従来のその約2倍の貫入力確保した。
- ④ 標準貫入試験中に、砂質土から粘性土に地盤が変化した場合は、ヒストソの孔径を変化させることなく乱さない試料が採取できる。
- ⑤ 砂礫や玉石が混入した地盤では、掘削の難易と単価はヒストソの孔径に大きく支配される。45mmのヒストソのためのヒストソの孔径は、66mmでよいので、掘削が比較的容易である。また、試料採取の費用が安価になる。

3. 供試土と実験方法

供試土は、水戸市の沖積低地から採取した乱さない沖積と洪積粘性土である。採取深度 z は、沖積・洪積粘性土に対し、それぞれGL.-10m、GL.-42mである。沖積と洪積粘性土に対する75mmのヒストソは、それぞれ水圧式とロータリ式二重貫入ヒストソを用いた。75と45mmのヒストソによる試料採取は、3mの水平距離を置いて同じ深度で採取した。

75と45mmのヒストソで得た試料の採取長は、約800mm、500mmであった。ヒストソ刃先側の試料を10mm切り捨てた後、長さ45mmの試料片を切り出した。図-2に示すように、45と75mmのヒストソによる試料片に対して、それぞれ4個、10個のS供試体を作成してヒストソ縦横断位置の強度特性を調べた。

S供試体は、携帯型一軸圧縮試験機¹⁾を用いて、1%/minの軸ひずみ速度でせん断した。 q_u は、15%以下の軸ひずみ ϵ に対する最大応力から求めている。変形係数 E_{50} は、 $q_u/2$ に対する ϵ_{50} と定義している。ここに ϵ_{50} は、 $q_u/2$

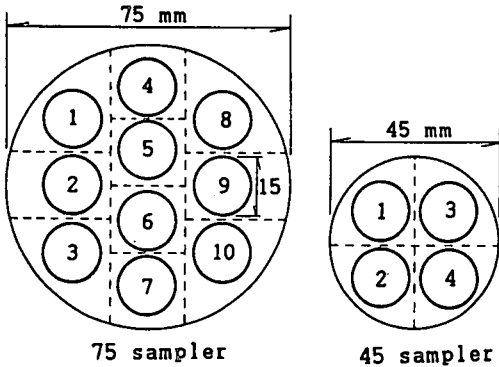
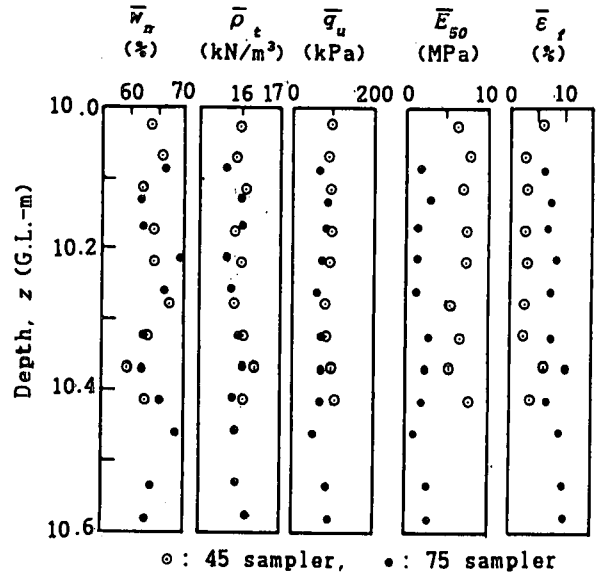


図-2 供試体位置平面図

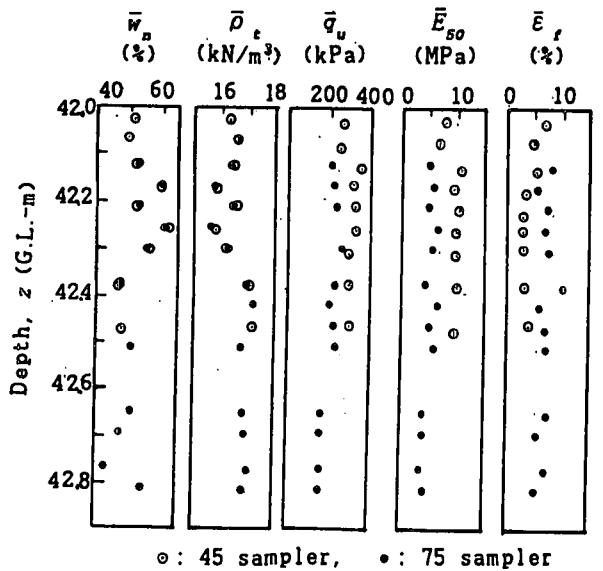
に対する ϵ である。 $\bar{w}_0$ 、 $\bar{\rho}_t$ 、 $\bar{q}_u$ 、 $\bar{E}_{50}$ 、 $\bar{\epsilon}_f$ 値は、4~10個の自然含水比 w_0 、湿潤密度 ρ_t 、 q_u 、 E_{50} 、破壊ひずみ ϵ_f に対する平均値を意味する。

4. ヒストソの縦断位置が強度特性に及ぼす影響

図-3(a),(b)は、それぞれ沖積・洪積粘土に対する一軸圧縮試験結果を示している。図-3(a)の沖積粘土において、両ヒストソの $\bar{w}_0$ に最大5%程度の差がある。これは、土性の差を反映したものでなく、生物痕の存在が影響したもの



(a) 沖積粘土 ($z=-10$ m)



(b) 洪積粘土 ($z=-42$ m)

図-3 一軸圧縮試験結果

である。生物痕の存在は、粘土を軟化させ、 w_0 を大きくする。その結果、 q_0 と E_{s0} の低下、 ε_1 の増大をもたらす。 w_0 、 ρ_0 の指数的性質に有意差のないデータ(例えば、 $z=-10.33\text{m}$)の強度特性に対しては、サンプラーの差の影響として検討できる。

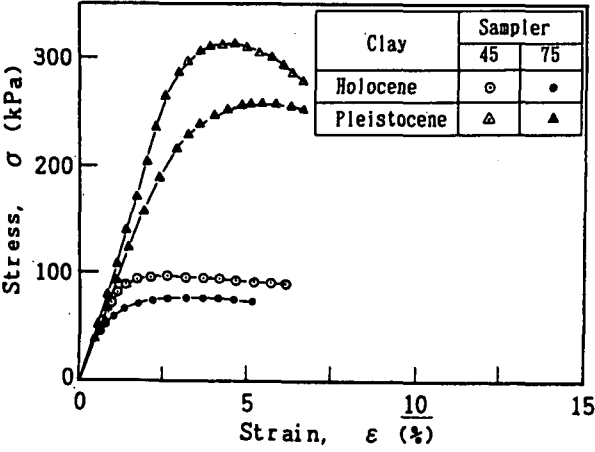
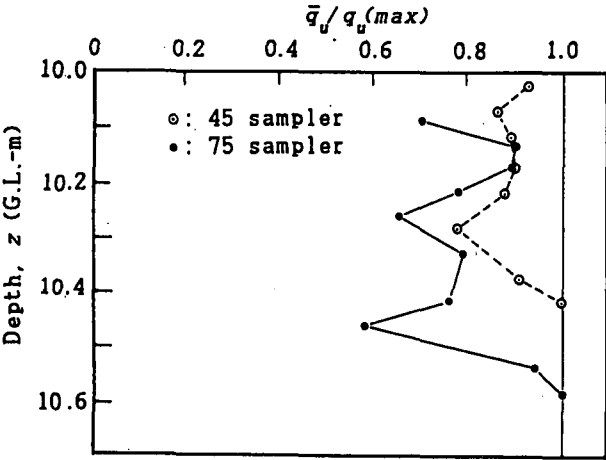
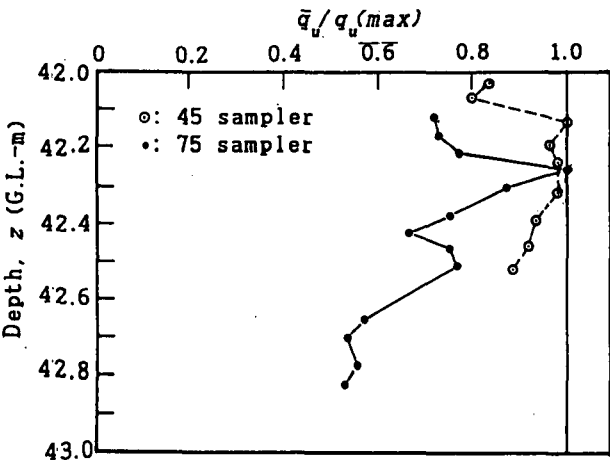


図-4 応力とひずみの関係



(a) 沖積粘土 ($z=-10\text{m}$)



(b) 洪積粘土 ($z=-42\text{m}$)

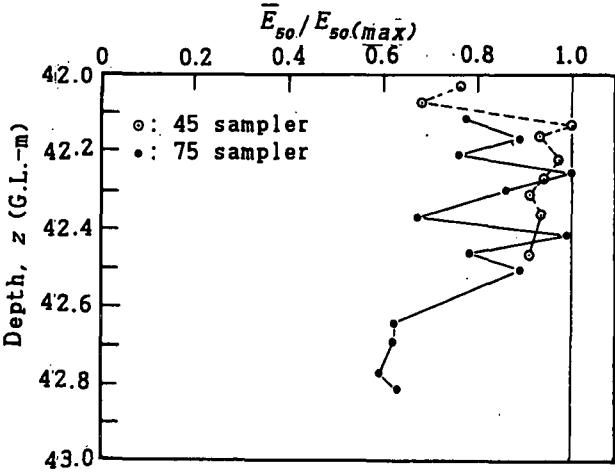
図-5 相対強度と深度の関係

図-3(b)の洪積粘土において、 $\bar{w}_0$ 、 $\bar{\rho}_0$ の指数的性質にサンプラーの違いによる差は見られない。しかし、45サンプラーの $\bar{q}_0$ 、 $\bar{E}_{s0}$ が75サンプラーのそれよりも大きく、 $\bar{\varepsilon}_1$ は小さい。図-3は、45サンプラーで良好な試料が採取されていることを示している。

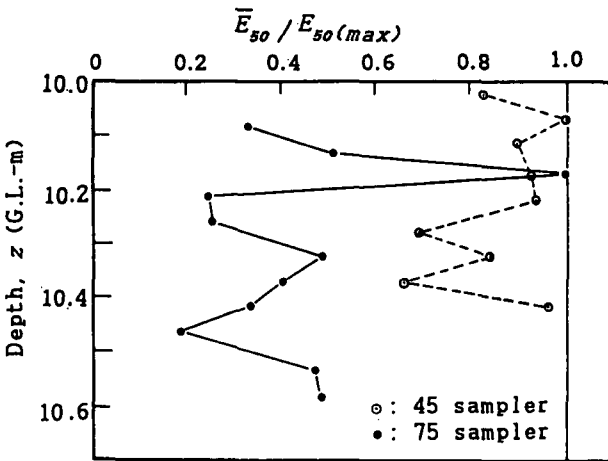
図-4は、両サンプラーの代表的な $\sigma \sim \varepsilon$ 曲線を示している。同じ深度から得た45サンプラーによる供試体の $\bar{q}_0$ 、 $\bar{E}_{s0}$ 値は、75サンプラーによるそれより大きく $\bar{\varepsilon}_1$ は小さい。

図-5は、サンプラー内の q_0 の最大値に対する各供試体の $\bar{q}_0$ の相対強度を z に対してプロットしている。図-5(a)、(b)は、それぞれ沖積・洪積粘土に対する結果である。45サンプラーの場合、 $\bar{q}_0/q_{0(max)}$ 値は、概ね0.8以上の安定した値を示す。

一方、75サンプラーにおいて、 $\bar{q}_0/q_{0(max)}$ 値は0.5と小さくその変動も大きい。



(a) 沖積粘土 ($z=-10\text{m}$)



(b) 洪積粘土 ($z=-42\text{m}$)

図-6 相対変形係数と深度の関係

図-6に E_{50} の相対変形係数と z の関係を示す。図-5の $\bar{q}_0/q_{0(5,6)}$ 値の傾向を反映して、45サンプラーの $\bar{E}_{50}/E_{50(5,6)}$ 値は、75サンプラーのそれより大きく、その変動も小さい。試料の乱れや応力解放は、 q_0 よりも E_{50} 値に大きく影響するが、 $\bar{q}_0/q_{0(5,6)}$ 値の結果を反映して、特に沖積粘土の $\bar{E}_{50}/E_{50(5,6)}$ 値が小さい。

5. f_{2-7} の横断位置が強度特性に及ぼす影響

図-7は、75サンプラーの断面中央部に位置する供試体5、6の $\bar{q}_0$ に対する他の供試体の $\bar{q}_0$ の比とサンプラー開始深度からの距離 D_s の関係である。45サンプラーに関しては、75サンプラーの同じ深度に対する供試体5、6の平均値に対する比として整理している。

$z = -16\text{m}$ 、 -47m の試料に対する検討において、サンプラーの刃先とその反対側、また45サンプラーの刃先側20cmは、1より小

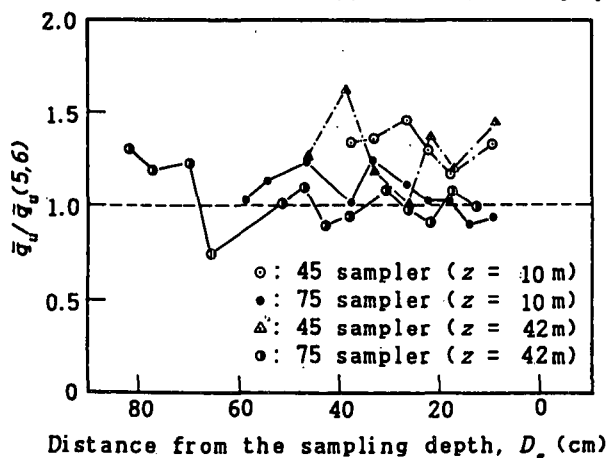


図-7 サンプラー中央の供試体に対する強度比と深度の関係

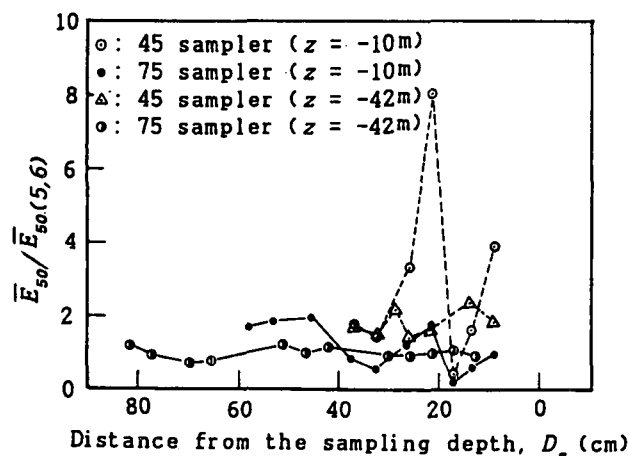


図-8 サンプラー中央の供試体に対する変形係数の比と深度の関係

さな $\bar{q}_0/\bar{q}_{0(5,6)}$ 値であった。これは、地盤への f_{2-7} の貫入と f_{2-7} からの試料の押し出しに伴う試料の乱れが f_{2-7} 壁に近い供試体に存在していることと推察させた。しかし、図-7に関しては、このような傾向は見られない。75サンプラーにおいては、 $\bar{q}_0/\bar{q}_{0(5,6)}$ 値は、1を中心に変動し、 f_{2-7} 断面中央部と周辺部の供試体の $\bar{q}_0$ に有意差はない。

45サンプラーによる試料の品質は、75サンプラーのそれよりよいことを反映して、45サンプラーの $\bar{q}_0/\bar{q}_{0(5,6)}$ 値は、沖積で1.2~1.5、洪積で1.5~1.8である。

図-8は、同様に $\bar{E}_{50}/\bar{E}_{50(5,6)}$ と D_s の関係である。図-7の $\bar{q}_0/\bar{q}_{0(5,6)}$ 値を反映して、45サンプラーによる沖積・洪積の $\bar{E}_{50}/\bar{E}_{50(5,6)}$ 値は、それぞれ(0.5~0.8)、(1.5~2.5)の範囲である。

75サンプラーと45サンプラーから最大14個の供試体の $\sigma \sim \epsilon$ 曲線を図-9、図-10に示す。図-9、図-10は、それぞれ沖積・洪積粘土に対する結果であり、表-2、表-3には供試体の q_0 、 E_{50} をまとめて示している。45サンプラーで得た供試体の $\bar{q}_0$ 、 $\bar{E}_{50}$ 値は、75サンプラーのその約1.3、2.2倍である。

表-2 45と75サンプラーの q_0 と E_{50}
沖積粘土 ($z = -10\text{m}$)

Sampler	$\bar{q}_0$ kPa	$\bar{E}_{50}$ MPa	q_0 の範囲 kPa	E_{50} の範囲 MPa
45	82	6.8	68~96	5.4~8.4
75	73	2.9	61~82	1.2~6.7

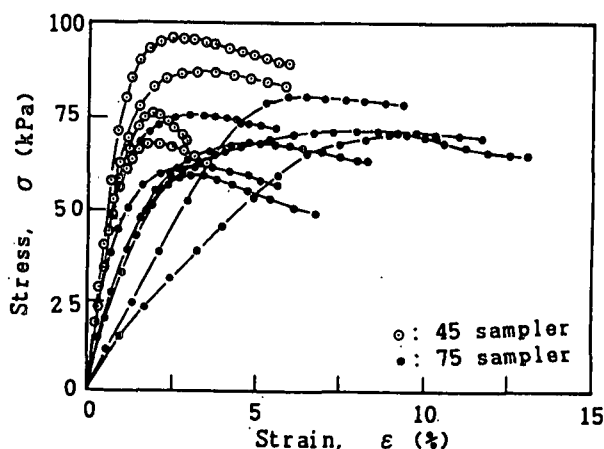


図-9 応力とひずみの関係
沖積粘土 ($z = -10\text{m}$)

表 - 3 45と75サンプラーの q_{s0} と E_{s0}
 洪積粘土 ($z=-42m$)

Sampler	$\bar{q}_{s0}$ kPa	$\bar{E}_{s0}$ MPa	q_{s0} の範囲 kPa	E_{s0} の範囲 MPa
45	326	10.7	311~346	9.6~11.6
75	212	5.3	153~260	2.1~8.8

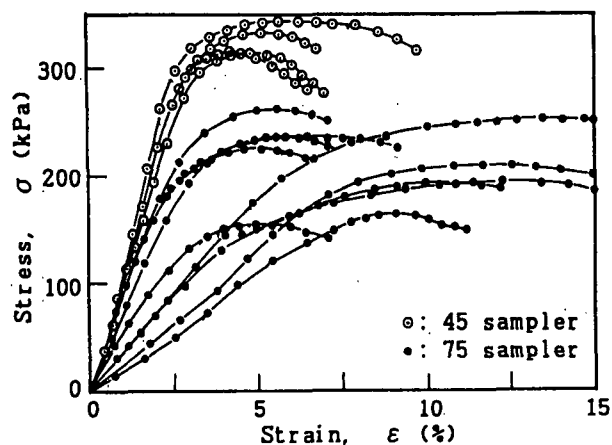


図 - 10 応力とひずみの関係
 洪積粘土 ($z=-42m$)

6. おわりに

45サンプラーで採取した試料の品質が75サンプラーのそれより良いことが示された。

今後、異なった調査地で同様な比較実験を行ない、圧密特性を含む45サンプラーの実務での適用性の検討を予定している。

参考文献

- 1) 正垣：小径倍圧型水圧トーストサンプラー、土と基礎、Vol.44, No.4, pp.49, 1996.
- 2) 正垣・金子：Effect of Sample Disturbance on Strength and Consolidation Parameters of Soft Clay, S & F, Vol.34, No.3, pp.1-10, 1994.
- 3) 正垣ら：小径倍圧型水圧トーストサンプラーの開発と試料の品質評価、第40回地盤工学シンポジウム論文集、pp.287-294, 1995
- 4) 正垣：携帯型一軸圧縮試験機とその適用、第40回地盤工学シンポジウム論文集、pp.287-294, 1995.