

圧密パラメータに及ぼす供試体の寸法効果

Effect of specimen size on consolidation parameters in standard oedometer tests

正垣 孝晴*・三輪 和美*

Takaharu Shogaki, Kazumi Miwa

The effect of specimen size on consolidation parameters in standard oedometer tests was investigated through laboratory testing. To take into consolidation the application of a small diameter sampler with two chamber hydraulic pistons in practical use, the specimen sizes used in the standard oedometer tests were a small specimen (d 30 specimen) of 3 cm in diameter and 1 cm in height and a standard size specimen (d 60 specimen) of 6 cm in diameter and 2 cm in height. The d 30 and d 60 specimens have similar consolidation behaviors for the undisturbed samples with I_p - values ranging from 27 to 81 %.

Keywords: cohesive soil, size effect, consolidation parameter, oedometer test,

1. はじめに

塑性指数 $I_p=(17\sim100)\%$ 、一軸圧縮強度 $q_u=(20\sim1000)$ kPa、軟弱粘土～軟岩という幅広い地盤材料に対し、直径 d 35mm、高さ h 80mmの標準寸法の0供試体と d 15mm、 h 35mmのS供試体の強度・変形特性に有為差がないことを明らかにした¹⁾。この成果を用いて小径倍圧型水圧²⁾ストンサンプラー(以後、45サンプラー)²⁾を新しく開発し、チューブ内径75mmの通常のサンプラー(以後、75サンプラー)と、特に強度特性に関して有為差がないことを示した³⁾。45サンプラーの実務への適用を図るとき、45サンプラーで得た試料から圧密特性を知ることが必須である。

本稿では、45サンプラーから得た試料の圧密特性を検討するため、標準圧密試験による圧密パラメータに及ぼす供試体寸法の影響を検討した。45サンプラーで得た試料からは、強度特性のみでなく圧密特性も測定できることが示される。45サンプラーは、サンプラー費用の低減や地盤調査の精度向上に寄与できる特徴を有している²⁾ため、本研究で得た結果は、海洋構造物や人工島等の建設の変形問題に関する調査・設計に直接的に利用できる。

2. 供試土と実験方法

供試土は浦安、徳山、横浜、岩国、尼崎、川崎、神戸から採取した乱さない沖積・洪積海成粘性土である。指数性性質を表-1に示す。 $I_p=(27\sim81)\%$ 、 $q_u=(42\sim294)$ kPa、過圧密比 $OCR=(0.8\sim2.6)$ の範囲の土である。尼崎は埋立荷重による圧密が終了していない未圧密粘土、浦安、徳山1は洪積粘性土、横浜、岩国、尼崎、川崎、徳山2、神戸は沖積粘性土である。

45サンプラーの実務への適用を考慮して、供試体寸法は

直径 d 30mm、高さ h 10mm (以後、 d 30供試体)と標準寸法の d 60mm、 h 20mm (同、 d 60供試体)の2種類とした。 d 30供試体の断面積は、 d 60供試体のその25%である。75サンプラーで得た試料の断面から2つの d 30供試体が作れることに加え、 d 30供試体に必要な圧密荷重の多くを d 60供試体のそれと共有できることから供試体径を30mmにした。

JIS A1217に従って、荷重増分比1の標準圧密試験を行った。圧密降伏応力 σ'_{vo} は、三笠の方法によった。

3. 実験結果と考察

d 30、 d 60供試体の自然含水比 w_n 、初期間隙比 e_o の比較を図-1, 2に示す。両供試体の w_n と e_o の差が大きい試料は、横浜と岩国粘土であり、差の最大値は、それぞれ6%, 0.09である。しかし、図-1, 2を概観すると、両供試体の w_n 、 e_o 値はほぼ1:1に対応しており、両供試体

表-1 供試土の指数性性質

Site	w_n (%)	I_p (%)	σ'_{vo} (kPa)	$\frac{\sigma'_{vo}}{\sigma'_{vo}}$	$\bar{q}_u$ (kPa)	*
Urayasu	59	27	157	2.6	150	P
Tokuyama-1	41	68	252	2.1	294	P
Yokohama	52	31	120	1.8	106	H
Iwakuni	67	49	182	1.2	132	H
Amagasaki	69	62	236	0.8	127	H
Kawasaki-1	48	30	155	1.0	86	H
Kawasaki-2	79	55	171	1.1	142	H
Kawasaki-3	74	62	230	1.2	183	H
Tokuyama-2	87	52	51	1.1	42	H
Kobe-1	91	81	57	1.7	72	H
Kobe-2	92	81	57	1.7	72	H
Kobe-3	91	81	57	1.7	72	H

* H: Holocene, P: Pleistocene

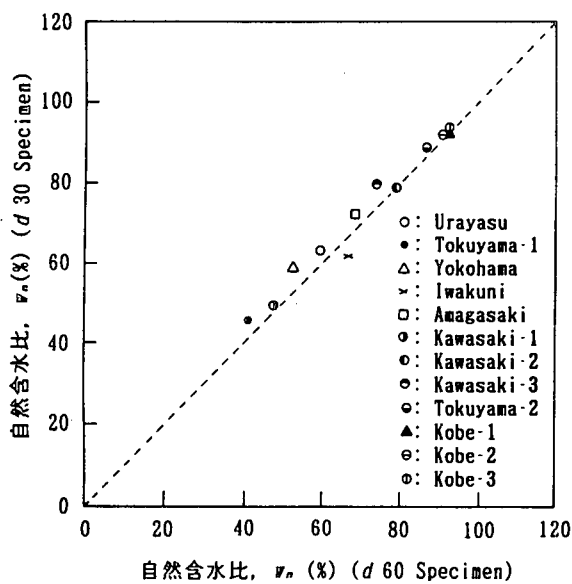


図-1 自然含水比の比較

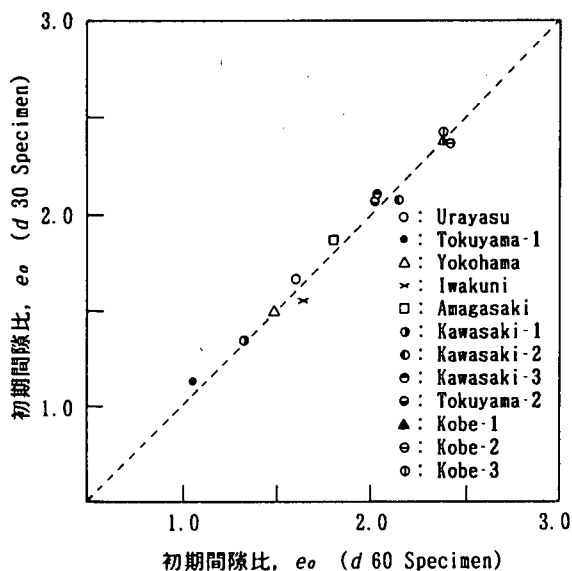


図-2 初期間隙比の比較

の指数的性質の差は工学的に無視できると判断出来る。

図-3に式(1)で定義する有効土被り圧 σ'_{vo} 下の体積ひずみ ε_{vo} ⁴⁾と過圧密比 $OCR(=\sigma'_p/\sigma'_{vo})$ の関係を示す。

$$\varepsilon_{vo} = \frac{e_o - e_1}{1 + e_o} \times 100 \quad (\%) \quad (1)$$

ここに、 e_1 は σ'_{vo} 下の間隙比である。図-3には、我が国の10の堆積地から採取した乱れの少ない良好な品質を持つ試料に対する結果の範囲⁴⁾をシャド-で示している。 ε_{vo} は試料が乱れると大きくなる⁴⁾。図-3の σ'_{vo} は、同じ OCR 下で従来の結果の範囲内に位置し、乱れの少な

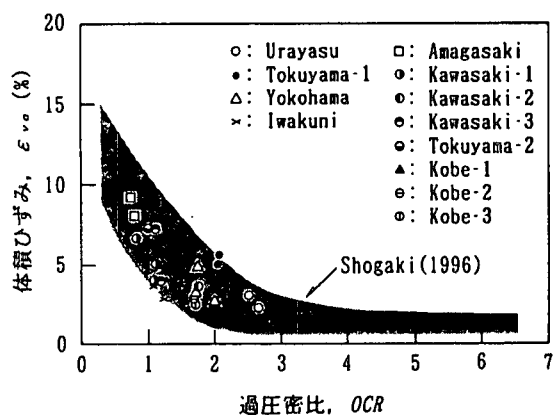


図-3 体積ひずみと過圧密比の関係

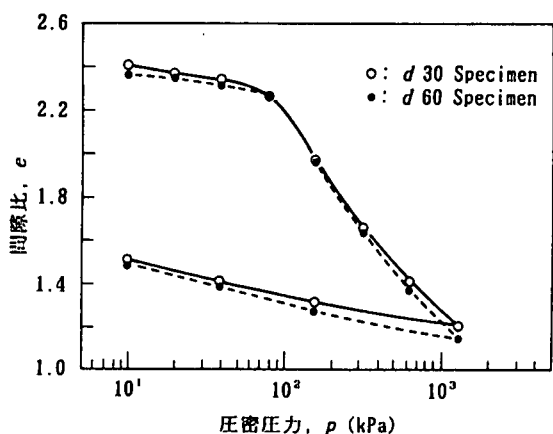


図-4 間隙比と圧密圧力の関係 (Kobe 3)

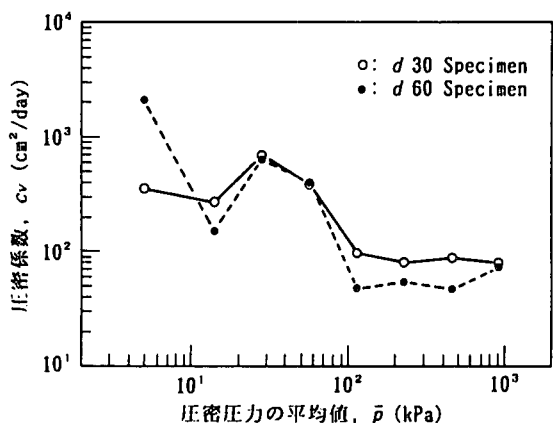


図-5 圧密係数と圧密圧力の平均値の関係 (Kobe 3)

い良好な品質を持つ試料であることが分かる。

神戸粘土3に関し、 $e - \log p$, c_v , m_v , k と平均圧密圧力 $\bar{p}$ の関係を、それぞれ図-4, 5, 6, 7に示す。また、両供試体の w_n , e_o , σ'_p , C_c , C_a , ε_{vo} 値を表-2にまとめた。ここで、圧縮指数 C_{cl} は地盤工学会基準(JGS T411-1990)⁵⁾に従って、正規圧密領域の最急勾配の直線部から求めた。また、膨張指数 C_{sl} は、 C_c を求めた同じ p の領域の直線の勾配から得た。表-2に示す値に供試体寸法は依存しな

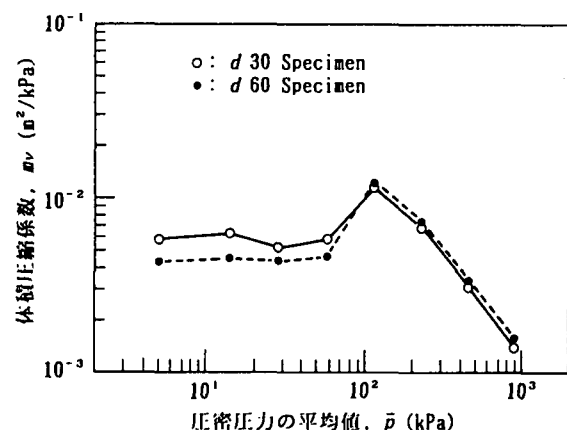


図-6 体積圧縮係数と圧密圧力の平均値の関係 (Kobe 3)

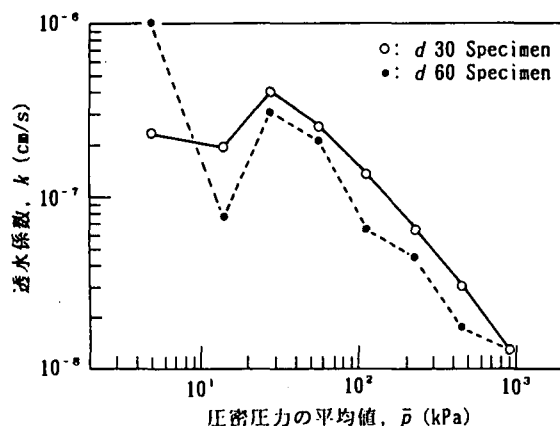


図-7 透水係数と圧密圧力の平均値の関係 (Kobe 3)

表-2 圧密試験結果 (Kobe-3)

Specimen	w_n (%)	e_o	σ'_{p} (kPa)	C_c	C_s	ε_{vo} (%)
d 60	91	2.36	97	1.2	0.19	2.4
d 30	94	2.42	97	1.3	0.16	3.1

いことが分かる。

供試体高さが小さくなると、最終沈下量に占める二次圧密量の割合が大きくなることが知られている⁶⁾。この観点から判断すると、各 p 下の間隙比 e は $d 30$ 供試体で小さくなることが予想される。しかし、図-4の $e - \log p$ 曲線にこのような傾向はない。これは、両供試体の寸法に二次圧密の影響がないことを意味している。

c_v, m_v, k 値はこれらの値を計算する時の90%圧密時の時間 t_{90} の採り方によって値の変動が大きいことはよく知られている。 $e - \log p$ 曲線に供試体寸法が依存しないことから、図-5, 6, 7に示す両供試体の c_v, m_v, k 値の差は、この影響を反映したものと推察される。すなわち、

両供試体の c_v, m_v, k 値もまた、供試体寸法の影響を受けないと判断される。

総ての供試土に対し、正規圧密領域における $d 60$ に対する $d 30$ の c_v 比、 m_v 比、 k 比の平均値は、それぞれ1.08, 0.95, 1.04であった。すなわち、両供試体の c_v, m_v, k 値にも有意差がない。

表-3に図-8~16で用いる記号の説明をまとめて示す。 $d 60$ に対する $d 30$ 供試体の σ'_p, C_c, C_s 比と I_p の関係を、

表-3 記号の説明 (図-8~16)

Symbol	Site
○	Urayasu
●	Tokuyama-1
△	Yokohama
×	Iwakuni
□	Amagasaki
◐	Kawasaki-1
◑	Kawasaki-2
◒	Kawasaki-3
◓	Tokuyama-2
▲	Kobe-1
⊖	Kobe-2
⊕	Kobe-3

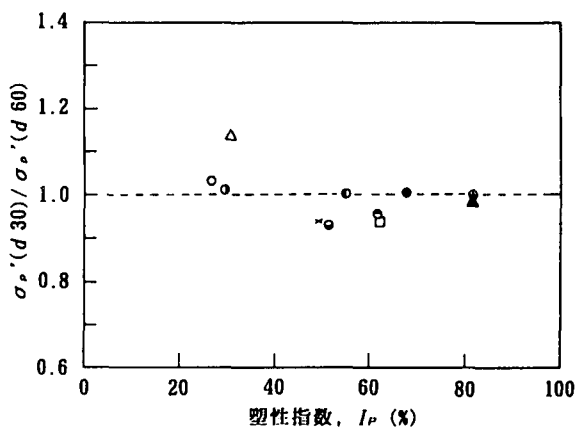


図-8 σ'_p 比と I_p の関係

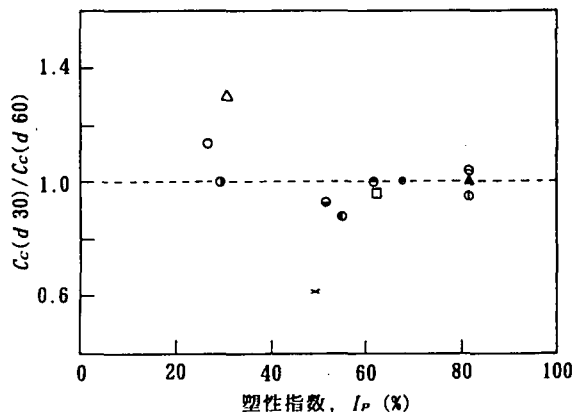


図-9 C_c 比と I_p の関係

それぞれ図-8, 9, 10に示す。 σ_p' , C_c , C_s の各比は、それぞれ1を中心に、(0.94~1.13), (0.62~1.30), (0.85~1.5)の範囲にあり、 I_p に依存しないことがこれらの図から分かる。

d_{60} に対する d_{30} 供試体の σ_p' , C_c , C_s 比とOCRの関係、それぞれ図-11, 12, 13に示す。また、同様に σ_p' , C_c , C_s 比と q_u の関係を、それぞれ図-14, 15, 16に示す。図-8, 9, 10に示した I_p の場合と同様に、これらの比は

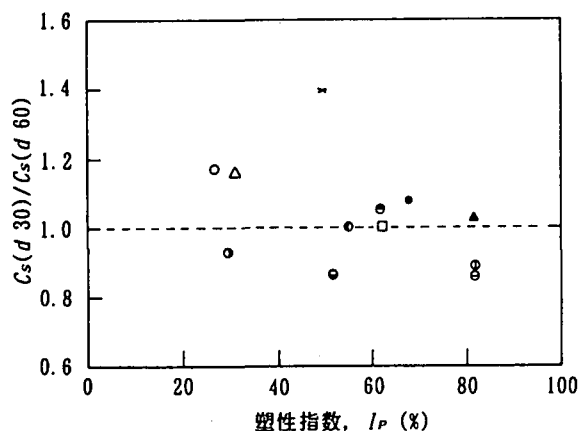


図-10 C_s 比と I_p の関係

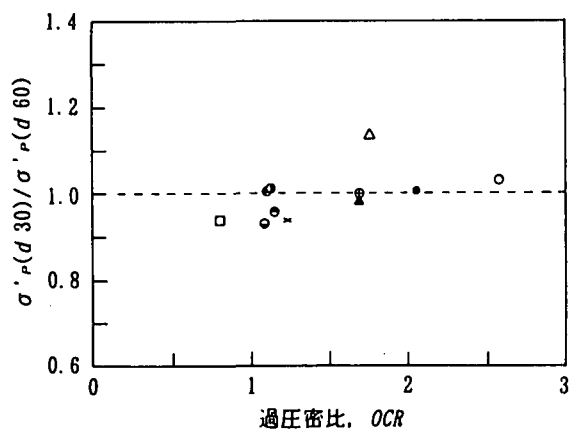


図-11 σ'_p 比とOCRの関係

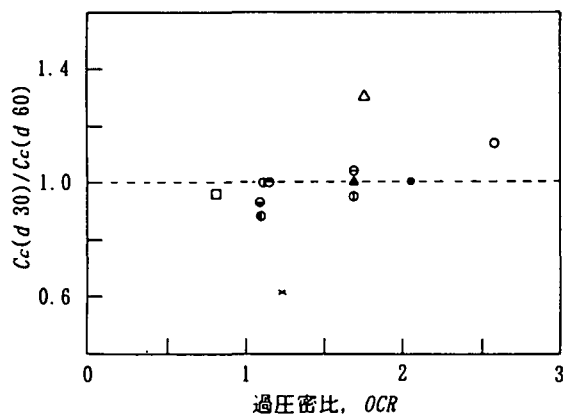


図-12 C_c 比とOCRの関係

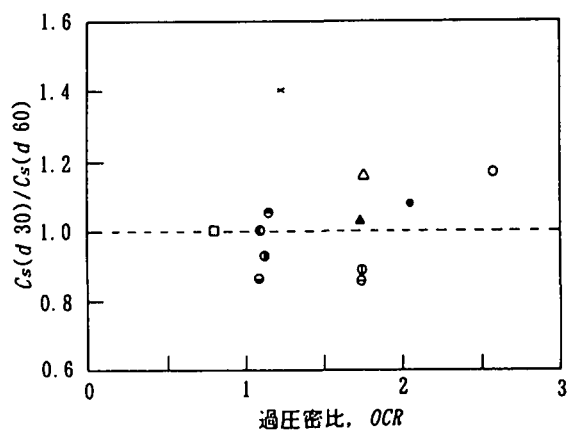


図-13 C_s 比とOCRの関係

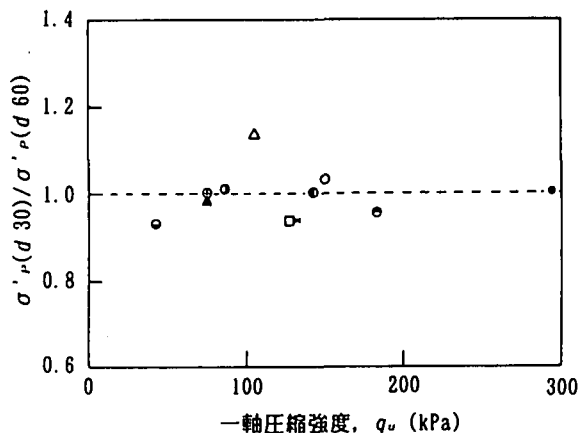


図-14 σ'_p 比と q_u の関係

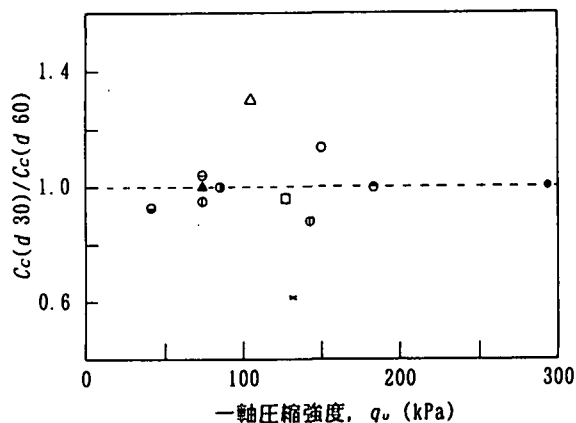


図-15 C_c 比と q_u の関係

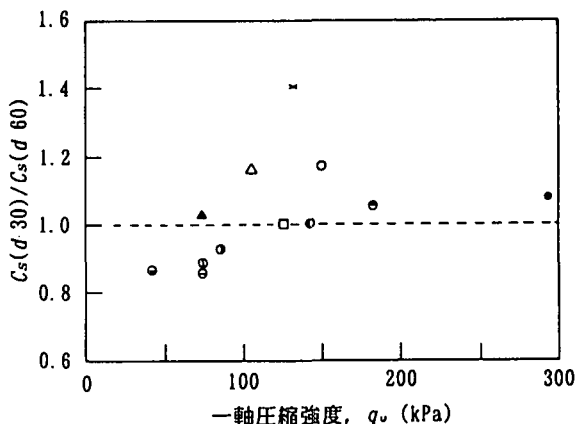


図-16 C_s 比と q_u の関係

OCR, q_u 値に対してほぼ1の値である。すなわち、両供試体の σ'_v , C_c , C_s 値は、OCR, q_u に対しても依存しないことが図-11～16から分かる。

4. おわりに

10の異なる堆積地から採取した $I_p=(27\sim81)\%$ 、 $q_u=(42\sim294)\text{kPa}$ 、過圧密比OCR $=(0.8\sim2.6)$ の範囲の土に対し、 $d\ 30$ と $d\ 60$ の供試体の圧密パラメータに有為差はないと判断された。45サンプラーで得た試料は、強度特性のみならず圧密特性も測定できる。

参考文献

- 1) 正垣：携帯型一軸圧縮試験機とその適用、第40回地盤工学会シンポジウム論文集、地盤工学会、pp. 287～294, 1995.
- 2) 正垣：小径倍圧型水圧ピストンサンプラー、土と基礎、Vol. 44, No. 4, 地盤工学会、pp. 49, 1996.
- 3) 正垣ら：小径倍圧型水圧ピストンサンプラーの開発と試料の品質評価、第40回地盤工学会シンポジウム論文集、地盤工学会、pp. 279～286, 1995.
- 4) Shogaki, T., : A method for correcting consolidation parameters for sample disturbance using volumetric strain, Soils and Foundations, Vol. 36, No. 3, 1996.
- 5) 地盤工学会編：土質試験の方法と解説、第6編、第2章、土の圧密試験、pp. 289～315, 1990.
- 6) 網干寿夫：圧密試験結果の沈下解析への適用性について(総括)、第19回土質工学会シンポジウム論文集、地盤工学会、pp. 71～78, 1974.