

関東ロームの圧密特性に及ぼす供試体寸法の影響

防衛大学校（学）MORN NOPHEA・正垣 孝晴

1. はじめに

粘性土の圧密特性に及ぼす供試体寸法の影響に関する研究は、主として再構成土や混合土に対して行われてきた。網干¹⁾は広島粘土の再構成土に対し、5種類の異なる寸法の供試体に対する圧密試験結果から、供試体寸法が大きくなると圧密係数 c_v が幾分大きくなるとしている。大島ら²⁾は、大阪粘土に市販のカオリン粘土を加えた混合粘土に対して、供試体高さ h に対する直径 d の比 d/h が3の段階荷重圧密試験から得た間隙比 e と圧密圧力 σ'_v の関係に差はないが、層厚が大きくなると c_v は小さくなるとしている。畠山・持田³⁾は大阪湾上部洪積層（Ma10）から採取した不攪乱土に対して、定ひずみ速度圧密試験 CR と三軸試験機による K_0 圧密試験を行い、圧密降伏応力 σ'_p と圧縮指数 C_c に有意差がないことを述べている。

一方、二次圧密挙動に対して、今井ら^{4), 5)}は、再構成粘土を用いた分割型圧密試験の結果から、荷重前の二次圧密の状況、すなわち初期ひずみ速度により、沈下ひずみと時間の関係が二次圧密過程で1本のユニークな曲線で表せるか否かが決まるとしている。これらの研究は、対象とする土に限られておりその状態も不攪乱土、再構成土、混合土と異なっている。また、網干¹⁾と大島ら²⁾のように c_v に及ぼす供試体寸法の影響に関する見解が異なっており、統一的な解釈や幅広い塑性や強度を有する自然堆積土に対する体系的な検討は行われていない。正垣⁶⁾は $w_n=36\sim 321\%$ 、 $I_p=15\sim 150\%$ 、 $q_u=25\sim 670\text{kN/m}^2$ の範囲を有する国内外の63の自然堆積した海成粘性土の段階荷重圧密試験から $d60\text{mm}, h=20\text{mm}$ と $d30\text{mm}, h10\text{mm}$ の $d60$ と $d30$ 供試体の一次圧密特性に有意義がないことを示している。しかし、火山灰質粘性土（ローム）に対する体系的な検討は行われていない。

本稿では八戸と阿蘇を含む関東ロームの段階荷重圧密試験から、一次と二次圧密領域の圧密特性に及ぼす供試体寸法の影響を検討する。

2. 供試土と試験方法

圧密供試体は、 $d30$ 供試体と $d60$ 供試体の2種類とした。堆積環境や応力状態の差が圧密特性に及ぼす影響を小さくするため、両供試体はJGS1221で採取した試料の $h45\text{mm}$ で切り出した試料片から作成した。供試体の小型化として $d60$ に対して $d30$ 供試体の寸法を選定した理由は以下の3点である。①75mm径のチューブサンプラーから得た試料から $d30\text{mm}$ 供試体は1断面で3個作成できる。② $d30$ 供試体の断面積は $d60$ 供試体のその25%であり、(40~2560) kPaの σ'_v を共有できる。③両供試体の d/h は3であり、供試体の相似が確保されている。

サンプリングチューブ壁面と試料の間に発生する摩擦に起因する試料の乱れは、チューブ壁面から2mm程度であることが分かっている⁷⁾。両供試体は、75mmのサンプラーで採取した試料の壁面摩擦の影響による乱れの少ない領域から作成できる。JIS A1217に従う荷重増分比1の段階荷重による圧密試験（JIS A1217）を行った。 σ'_p 、 c_v 、体積圧縮係数 m_v 、透水係数 k の計算もこれに従った。

3. 圧密特性に及ぼす供試体寸法の影響

3.1 一次圧密領域の圧密特性に及ぼす供試体寸法の影響

横須賀（NDA）と筑波（Tsukuba）から得た w_n 、 ρ_t 、 e_0 、 ε_{v0} 、 σ'_p 、 C_c 、 C_s を、それぞれ表1と2にまとめた。また、 $d30$ と $d60$ 供試体の e と σ'_v の対数の関係を図1と2にまとめた。1256kPaと2511kPaの σ'_v の $d60$ 供試体の e が小さいのは、 $d60$ 供試体の周面積と圧密リングの間の摩擦効果が大きいことに起因していると推察さ

キーワード 関東ローム、圧密特性、供試体寸法効果、粘性土、一次圧密、二次圧密

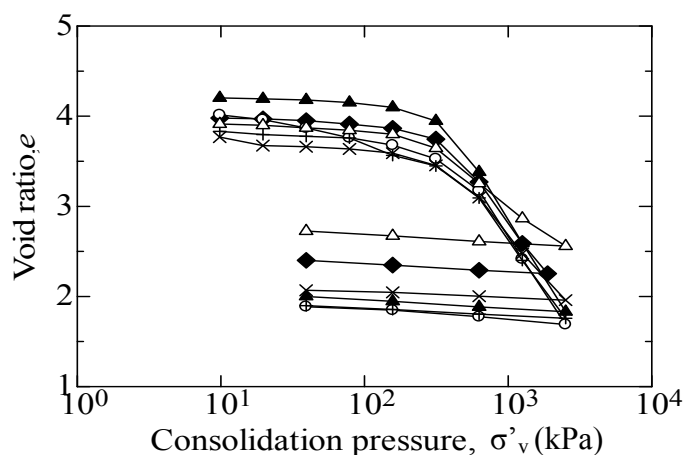
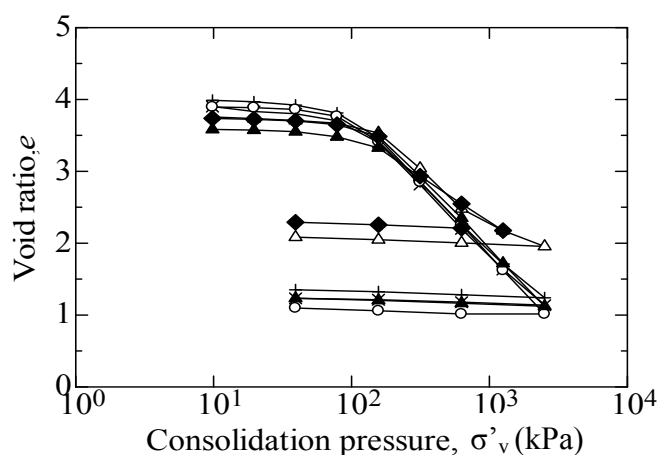
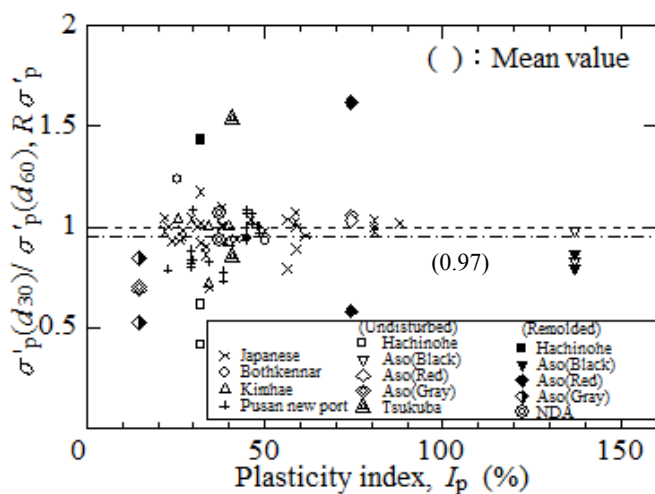
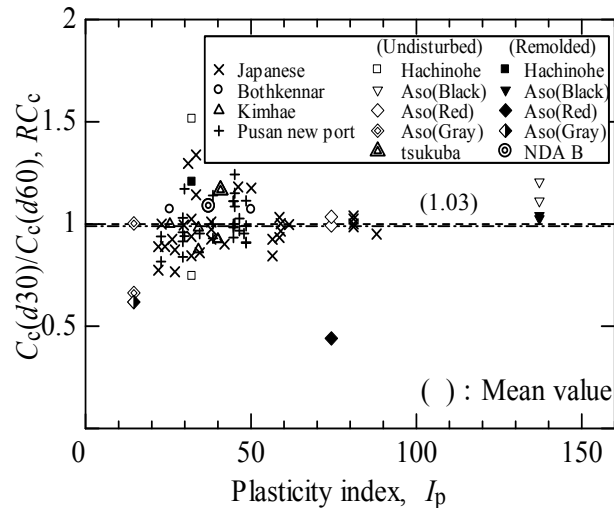
連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校 TEL. 046-841-3810 E-mail : shogaki@nda.ac.jp

表1 e と $\log \sigma'_v$ の関係に関する特性値 (NDA)

凡例	供試体	w_n (%)	ρ_t (g/cm ³)	e_0	ε_{vo} (%)	σ'_p (kPa)	C_c	C_s
×	d30	129	1.33	3.78	2.51	425	2.00	0.13
+	d30	131	1.32	3.85	1.86	425	2.28	0.12
△	d60	130	1.30	3.93	1.42	251	1.28	0.11
○	d30	136	1.30	4.10	2.40	425	2.50	0.15
▲	d30	141	1.30	4.21	1.90	373	2.50	0.10
◆	d60	134	1.31	4.10	1.00	398	2.30	0.10

表2 e と $\log \sigma'_v$ の関係に関する特性値 (Tsukuba)

凡例	供試体	w_n (%)	ρ_t (g/cm ³)	e_0	ε_{vo} (%)	σ'_p (kPa)	C_c	C_s
×	d30	109	1.18	3.94	22.9	114	2.05	0.08
+	d30	111	1.17	4.02	24.1	107	2.00	0.08
△	d60	109	1.22	3.78	19.5	134	1.88	0.08
○	d30	107	1.18	3.90	1.6	122	2.10	0.05
▲	d30	107	1.25	3.60	1.0	220	2.10	0.10
◆	d60	109	1.23	3.75	1.1	143	1.80	0.10

図1 e と $\log \sigma'_v$ の関係 (NDA)図2 e と $\log \sigma'_v$ の関係 (Tsukuba)図3 $R\sigma'_p$ と I_p の関係図4 RC_c と I_p の関係

れる。除荷過程は、供試体寸法に関係なく同じ挙動を示し、膨張指数 C_s も同等である。 σ'_p , C_c , C_s の差は、 w_n の差を反映していると考えている。

図 3,4,5 は、 $d60$ 供試体から得た σ'_p , C_c , C_s に対する $d30$ 供試体のそれらの比 $R\sigma'_p$, RC_c , RC_s を I_p に対してプロットしている。 $R\sigma'_p$, RC_c , RC_s は、 I_p に依存することなくほぼ 1 であり、すべての試料に対する平均値は、それぞれ 0.97, 1.03, 1.07 である。 $R\sigma'_p$, RC_c , RC_s の変動は、 I_p の小さい領域で大きい。供試体数に起因している可能性もあるが、塑性性が小さくなると測定値の変動が大きくなる可能性も否定できない。

図 6,7,8 は、それぞれ σ'_p , C_c , C_s を一軸圧縮強さ q_u に対してプロットしている。図 3,4,5 で述べたように、NDA と Tsukuba を含むロームのこれらの値は、通常の高成粘性土の値と同等であったことから、図 6,7,8 では総てのプロットの平均値を、0.97, 1.03, 1.07 として示した。 $R\sigma'_p$, RC_c , RC_s は、 q_u に対しても一定であることから、 $q_u=25\sim 670\text{kPa}$ の範囲の高成粘性土とロームに対して、 $d30$ と $d60$ 供試体寸法に依存しないと判断される。このことは、本研究で用いた関東ロームを含む $q_u=25\sim 670\text{kPa}$, $I_p=15\sim 150\%$ の自然堆積土の不攪乱土に対して、載荷と除荷段階の e と $\log \sigma'_v$ 曲線に関係した特性は供試体寸法に依存しないことを示している。しかし、 σ'_v の大きな領域では e の変化が小さいことに起因して σ'_p と C_c を過小評価する $d60$ 供試体の弊害が懸念される。

3.2 二次圧密領域の圧密特性に及ぼす供試体寸法の影響

供試体寸法が二次圧密量に影響することはよ

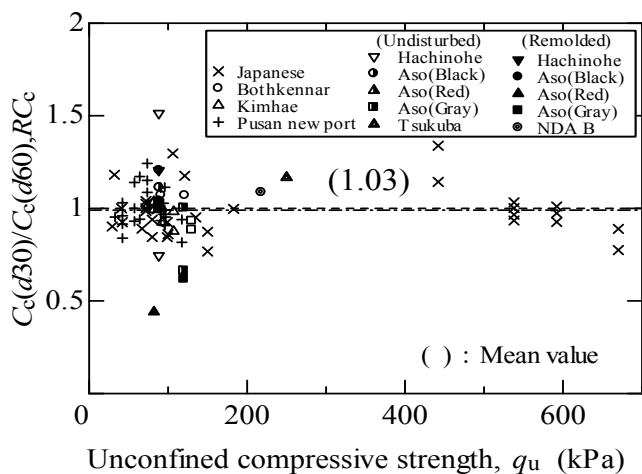


図 7 RC_c と q_u の関係

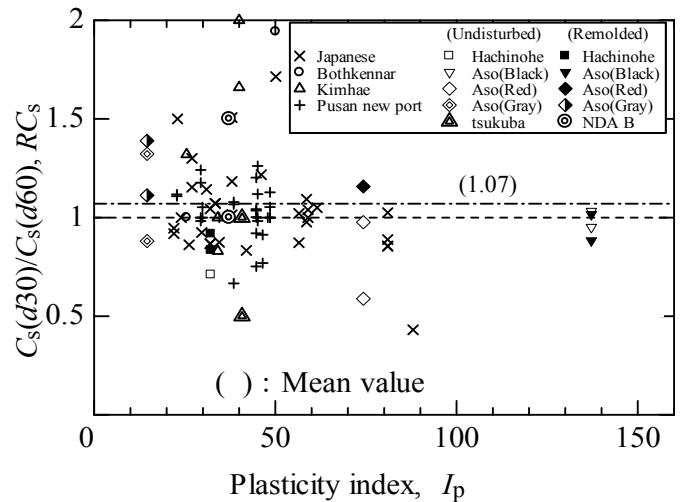


図 5 RC_s と I_p の関係

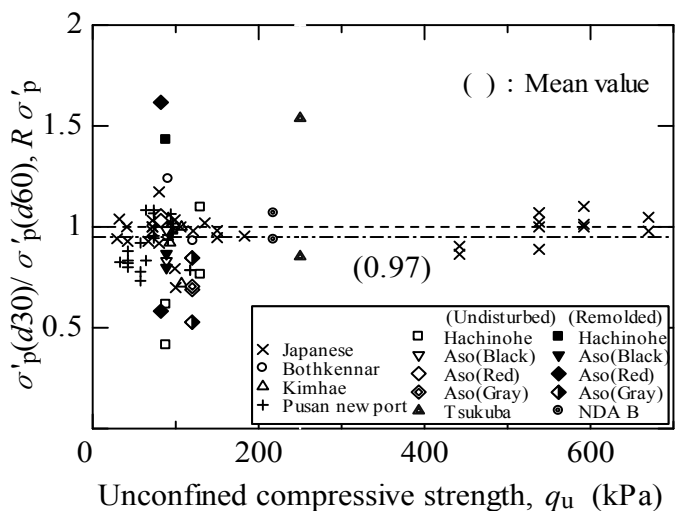


図 6 $R\sigma'_p$ と q_u の関係

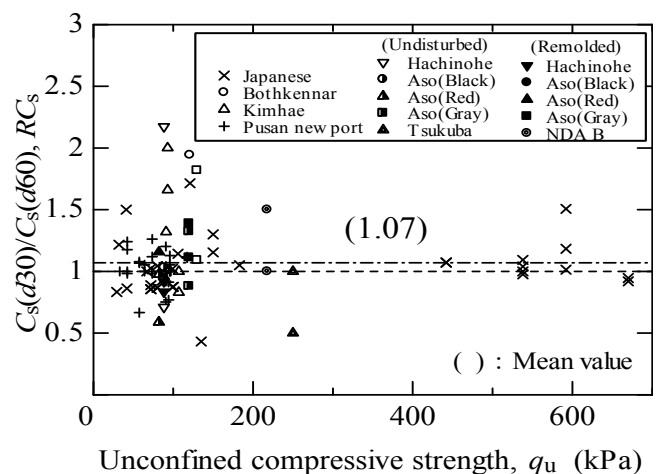
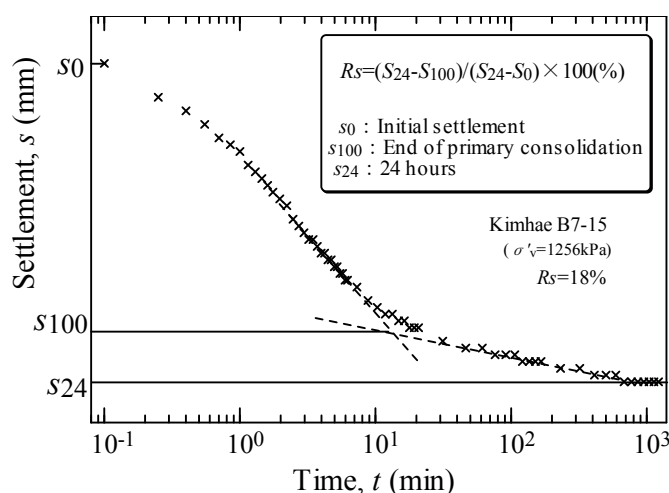
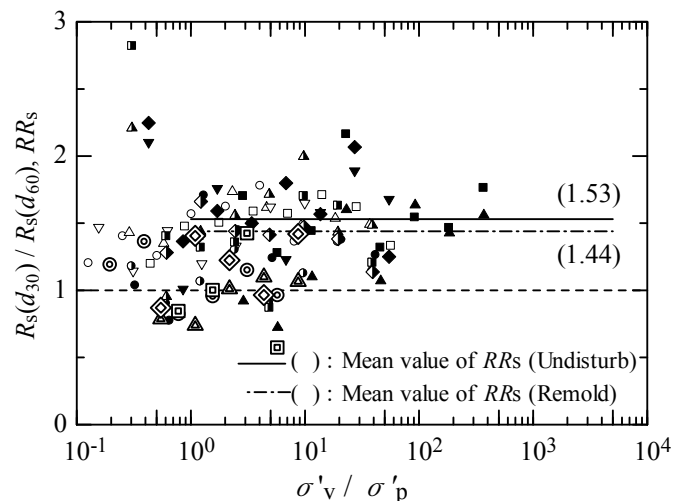


図 8 RC_s と q_u の関係

図9 R_s の定義図10 RR_s と σ'_v / σ'_p の関係

く知られている¹⁾。載荷 24 時間後の沈下量 s_{24} に対する二次圧密量の比 R_s を図9に示す式のように定義した。ここで、 s_{100} は Casagrande の方法で求めた一次圧密終了時の沈下量である。図10は d_{60} 供試体の R_s に対する d_{30} 供試体のその比 RR_s を σ'_v / σ'_p に対してプロットした。これらのプロットの記号凡例を表3に示す。関東ロームのプロットは、他のそれらと同様な位置にある。 $\sigma'_v / \sigma'_p > 1$ 領域のプロットの RR_s は σ'_v / σ'_p に依存していない。そして、その平均値は不攪乱土に対して 1.53、練返し土に対して 1.44 である。すなわち、 RR_s は試料の練返しに関係なく同等であり、 $\sigma'_v / \sigma'_p > 1$ の領域で σ'_v / σ'_p に対して一定値と判断される。

表3 図10の記号凡例

Symbol	Soil	symbol	Soil
○	Kahokugata 19m	▲	AriakeF6'
△	Saigouwan 2m-2	■	Bothkennar
□	Saigouwan 6m-1	▽	Hachirogata
▽	Saigouwan 13m-1	▼	Kumamoto
●	Kahokugata 19m remold	⊗	Pusannewport 7.8m N6-N5
▲	Saigouwan 2m remold-1	⊕	Pusannewport 25.8m N3-N2
■	Saigouwan 2m remold-2	⊗	Pusannewportrem7.8m N3-N2
▼	Saigouwan 6m remold-1	⊙	Nda B 1
◆	Saigouwan 6m remold-2	■	Nda B 2
●	Saigouwan 10m remold-1	▲	Tsukuba 1
▲	Saigouwan 10m remold-2	◆	Tsukuba 2
△	Iwakuni 16	■	Saigouwan 13m remold-1
○	Iwakuni 16'	◆	Saigouwan 13m remold-2
●	AriakeF6	⬇	Pusannewportrem25.8mN6-N5

4. おわりに

八戸と阿蘇を含む関東ロームの段階載荷圧密試験から、一次と二次圧密領域の圧密特性に及ぼす供試体寸法の影響を検討した。関東ロームの圧密特性に及ぼす供試体寸法の影響は、自然堆積粘性土と同様であることがわかった。沈下ひずみと時間関係に及ぼす供試体寸法の影響は、今後の課題である。

参考文献

- 1) Aboshi, H.: An experimental investigation on the similitude in the consolidation of a soft clay, including the secondary creep settlement, *8th Int. Conf. SMFE*, Vol.4-3, p.88, 1973.
- 2) 大島・高田・合田：粘土の段階載荷圧密試験における載荷時間と層厚の関係，土木学会第56回年次学術講演会概要集Ⅲ，pp.308-309, 2001.
- 3) 畠山・持田：洪積粘土の圧密特性に及ぼす寸法効果，第37回地盤工学研究発表会概要集，pp.303-304, 2002.
- 4) 今井：分かりやすい土質力学原論（第1回改訂版），土質工学会，pp.187-239, 1992.
- 5) 今井・湯・平林：圧密挙動に及ぼす層厚の影響，土木学会第44回年次学術講演会（3），pp.364-365, 1989.
- 6) Shogaki, T.: Effect of specimen size on consolidation parameters of marine clay deposits, *Journal of ASTM International*, Vol. 3, No. 7, pp.106-118, 2006.
- 7) 正垣孝晴：性能設計のための地盤工学 - 地盤調査・試験・設計・維持管理まで -，鹿島出版会，2012.