

千葉県印旛沼に堆積する沖積粘土の過圧密領域における力学特性

石川工業高等専門学校 正会員 重松宏明
 石川工業高等専門学校 学生会員 ○出村隆能・小川 真
 国土交通省北陸地方整備局 野原正嗣
 (株)不動テトラ 正会員 村上恵洋

1. 緒言

千葉県印旛沼とその周辺には、縄文海進期に堆積した沖積粘土層が広く分布し、長期にわたって地盤沈下が進行している。そこで筆者らは、圧密特性¹⁾に引き続き、過圧密領域における力学特性(せん断強度・ダイレイタンシー特性)を解明することにした。そのために、先ず印旛沼近傍において採取した沖積粘土の不攪乱試料に対して、等方圧密試験を実施し、初期の圧密降伏応力 p_c を求めた。その後、 p_c を基準に圧密応力 σ_c' を設定し、過圧密領域($\sigma_c' < p_c$)において圧密非排水三軸圧縮(\overline{CU})試験を実施した。以下に、これらの結果を詳述する。

2. 室内実験の概要

本研究で使用した沖積粘土試料は、西印旛沼に位置する佐倉市船戸地区でシンウォールサンプラーによって採取した不攪乱試料である(以後、印旛沼粘土と呼ぶ)。

表-1 に採取した印旛沼粘土の物理・化学特性を示す。

一連の室内実験は、先ず 3 者の不攪乱試料(深度 12m, 15m, 18m)に対して、等方圧密試験を行い初期の圧密降伏応力を求める。次に、所定の圧密応力(拘束圧) σ_c' (=9.8, 19.6, 39.2kN/m²)下で \overline{CU} 試験を実施する。その際のひずみ速度は、せん断応力に対して遅れて生じる過剰間隙水圧を考慮し、0.01%/min を採用した。

表-1 印旛沼粘土の物理・化学特性

採取深度(m)	12m	15m	18m
	12.0~12.9m	15.0~15.9m	18.0~18.9m
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.648	2.656	2.649
自然含水比 w_n (%)	116.6	98.6	106.3
pH	8.66	8.17	8.25
強熱減量 L_i (%)	7.9	8.2	8.4
砂分(%)	0.8	6.1	3.3
シルト分(%)	40.6	46.2	40.4
粘土分(%)	58.6	47.7	56.3
液性限界 w_L (%)	118.7	104.6	115.4
塑性限界 w_P (%)	52.9	48.6	55.3
塑性指数 I_P	65.8	56.0	60.1
工学的分類	MH	MH-S	MH

3. 結果および考察

等方圧密試験の結果、深度 15m, 18m の試料の p_c はそれぞれ 56kN/m², 65kN/m²であった(深度 12m の試料については、現在試験中である)。図-1~3 に各深度で採取した不攪乱試料(過圧密領域)の \overline{CU} 試験の結果を示す。先ず、3 者の軸差応力-軸ひずみ関係(図-1(a), 2(a), 3(a))を見てみると、何れも σ_c' の増加に伴って軸差応力が増大していく様子が見られる。また、どの過圧密比(OCR)においても明瞭なピーク強度が見られ、非常に脆性的な挙動(弾性的な変形から突然急激な破壊へと移行する挙動)を示している。この傾向は OCR(σ_c' が低い)が大きい場合で特に顕著に表れている。この要因として、縄文海進期の堆積過程で形成された土の骨格が大きく関係していると思われる。残留強度には、 σ_c' の高低による大きな差異は見られない。過剰間隙水圧-軸ひずみ関係(図-1(b), 2(b), 3(b))も交えて挙動全体を見てみると、過剰間隙水圧は軸差応力に連動した挙動を示している感がある。例えば、 σ_c' =9.8, 19.6kN/m²の比較的 OCR の大きい過剰間隙水圧は、軸差応力がピーク強度に達する前にピークを迎え急激に減少している。これに対して、 p_c に比較的近い σ_c' =39.2kN/m²、深度 12m, 15m では、軸差応力がピーク強度に達した後も、緩やかではあるが過剰間隙水圧は上昇し続けている。深度 18m の σ_c' =39.2kN/m²の場合では、深度 12m と 15m の σ_c' =39.2kN/m²とは大きく異なり、 σ_c' =9.8, 19.6kN/m²の場合と同様に、過剰間隙水圧は軸差応力がピーク強度に達する前にピークを迎え減少する様子が見られる。これは深度 18m の試料の p_c が他の深度の試料よりも高く、同じ σ_c' でも OCR が大きくなることが要因と思われる。つまり、同じ過圧密領域でも、OCR の大小によって過剰間隙水圧の挙動は大きく異なる。

有効応力径路(図-1(c), 2(c), 3(c))からダイレイタンシー特性を比較してみると、比較的 OCR の大きい σ_c' =9.8, 19.6kN/m²および深度 18m の σ_c' =39.2kN/m²では、せん断の進行に伴って正のダイレイタンシーが発生し、ピーク強度

キーワード 沖積粘土, 不攪乱試料, 三軸圧縮試験

連絡先 〒929-0392 石川県河北郡津幡町北中条タ1 石川工業高等専門学校環境都市工学科 TEL 076-288-816

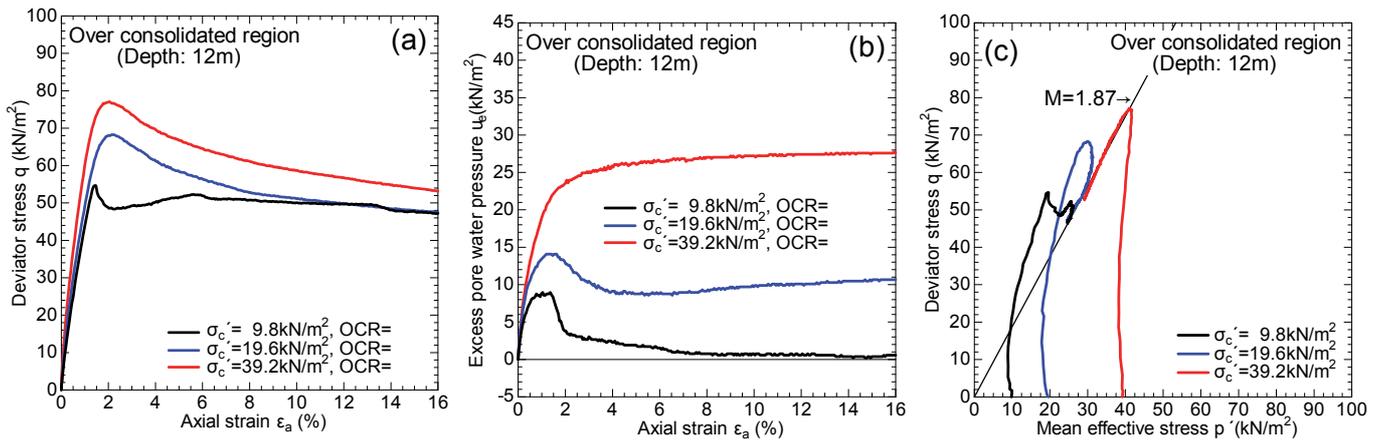


図-1 CU試験の結果(深度 12m), (a) $q-\varepsilon_a$ 関係, (b) $u_e-\varepsilon_a$ 関係, (c) 有効応力径路

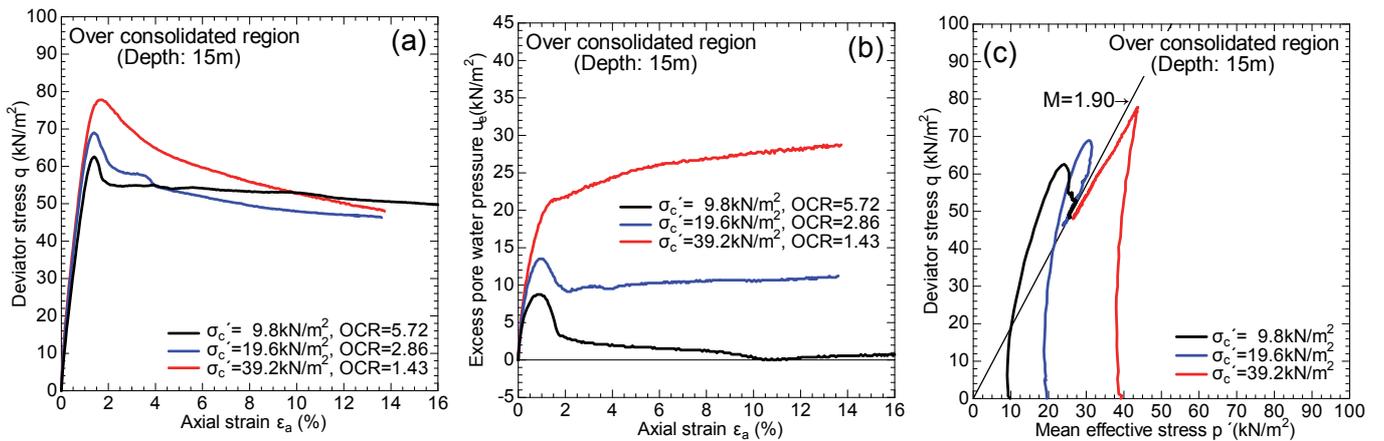


図-2 CU試験の結果(深度 15m), (a) $q-\varepsilon_a$ 関係, (b) $u_e-\varepsilon_a$ 関係, (c) 有効応力径路

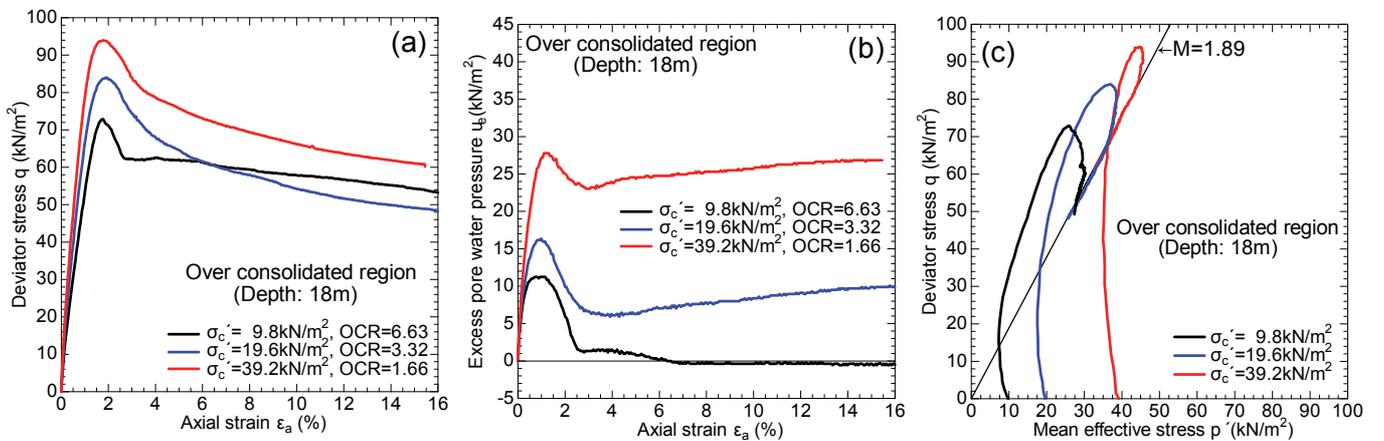


図-3 CU試験の結果(深度 18m), (a) $q-\varepsilon_a$ 関係, (b) $u_e-\varepsilon_a$ 関係, (c) 有効応力径路

に達した後、ループを描くように軟化し、限界状態に至っている。これに対して、深度 12m と 15m の $\sigma'_c=39.2\text{kN/m}^2$ では、ピーク強度までは僅かに正のダイレイタンスが認められるものの、その後は負のダイレイタンスへと移行し限状態線 (CSL) 上を下降している。CSL 上における応力比 $M(=q/p')$ に目を向けると、3 者の間に大きな違いは認められない。

4. 結言

縄文海進期に堆積した印旛沼粘土に対して、過圧密領域でCU試験を実施した結果、非常に脆性的な挙動を、過剰間隙水圧が軸差応力に連動した挙動を、比較的OCRの大きい圧密応力下で顕著な正のダイレイタンス特性を示したことが確かめられた。今後は、圧密降伏応力を超える高い圧密応力で人為的に土の骨格を破壊させた正規圧密領域での試料に対しても、引き続き三軸圧縮試験を継続させていく。

参考文献 1) 重松・出村・小川真・野原ら: 千葉県印旛沼に堆積する沖積粘土の圧密特性, 第 51 回地盤工学研究発表会, 2016.