

一次元圧密試験による粘土の過圧密比と二次圧密係数

東海大学 学生会員 藤川 但助
 (株)建設企画コンサルタント 正会員 白子 博明
 東海大学 正会員 杉山 太宏・赤石 勝

1. まえがき

関西国際空港下の更新世粘性土 (Ma 層) が予想外の沈下を生じたことを契機として、時間効果によって構造の発達した疑似過圧密粘土の沈下挙動が精力的に調べられている^{1),2)}。一方、プレロード工法や地下水位の変動など、応力履歴を受けて過圧密となる粘土では、一般に弾性体として扱われることが多いためか、その長期沈下特性についての報告は多くない³⁾⁻⁶⁾。しかし、サーチャージ除荷後の沈下量やプレロード除荷後に再載荷する場合の沈下量を推定するためには、応力履歴による過圧密の程度と沈下量 (膨張量) の関係について調べる必要がある。本研究では、再構成した粘土の除荷と再載荷時の圧密挙動と長期沈下特性を一次元圧密試験により調べている。

2. 試料および実験方法

試験には、神奈川県平塚市内で採取した有機質粘土 (平塚粘土) を使用した。表-1 の物性を示す平塚粘土を液性限界の 2 倍の含水比で十分に練り返した後、直径 20 cm、高さ 25 cm の円筒容器に流し込み、予圧荷重 $p_0=19.2$ kPa で 2 週間圧密した。

この粘土塊から直径 6 cm、高さ 2 cm の供試体を切り出し標準圧密試験にセットして、図-1 のように載荷 (荷重 p_n : 1 日) 除荷 (p_u : 21 ~ 25 日) 再載荷 (p_r : 7 ~ 10 日) する圧密試験を行った。荷重 $p_n (= p_r)$ は 39.2 kN/m² ~ 235.4 kN/m² の 7 パターンとし、除荷後の過圧密比 OCR ($= p_n / p_u$) が 1.2 から 12 の範囲になるように各 p_n から荷重を除荷して、除荷後の経時変化を測定した。その後、 p_n を再載荷して同じく経時変化を測定し、圧密荷重と過圧密比ならびに二次圧密係数について比較した。

3. 実験結果と考察

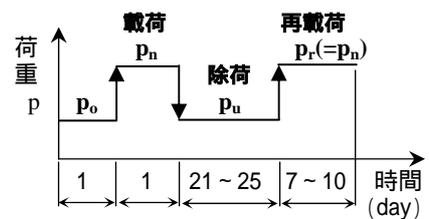
3.1 載荷・除荷過程

図-2 は、結果の一例として $p_n=235.4$ kPa の載荷時ならびに除荷時の経時変化を重ねて示したものである。実線が p_n を載荷した場合で、白丸は除荷せずに 25 日間載荷した結果で、200 分以降の圧縮ひずみは対数時間に比例して発生している。赤記号で示した除荷時の膨張ひずみは、過圧密比 OCR が大きなほど、より大きく、より長期間膨張を続けた後、圧縮に転じている。

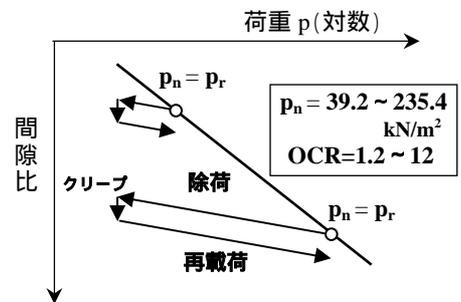
吉国は、OCR=1.1 ~ 1.5 の除荷過程でも膨潤後にクリープが起こる実験結果を示しているが³⁾、図-2 では OCR が 2 以上でも膨張から圧縮に移行する。そこで、除荷 1 日後と 21 日後の体積ひずみを圧密圧力と OCR で比較したのが図-3 である。除荷量が少なく過圧密比が小さいほど膨張後に生じる圧縮量は増加し、ひずみ量で 1% を越えるものもあるが、OCR が 6 から 8 を越える試料ではこの期間の圧縮量が 0 かマイナスである。このように、除荷後の圧密挙動は過圧密比と関連性が高いと考えられるので、除荷時の最大膨

表-1 試料の物理的性質

s	L (%)	p (%)	sand (%)	silt (%)	clay (%)
2.363	73	51	22	38	40



(a) 荷重と載荷期間



(b) e log p 関係

図-1 圧密試験の載荷方法

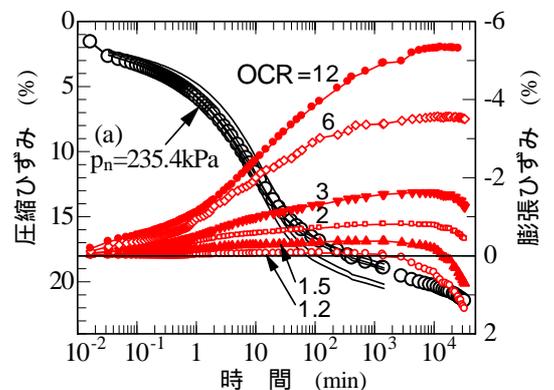


図-2 載荷・除荷時のひずみの経時変化

キーワード：過圧密粘土，除荷，再載荷，二次圧密係数

連絡先：〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 1117 TEL 0463-58-1211 E-mail: sugi@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

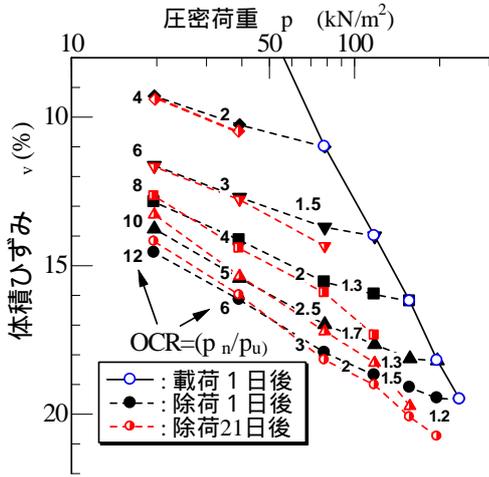


図-3 荷重・除荷時の e-logp 関係

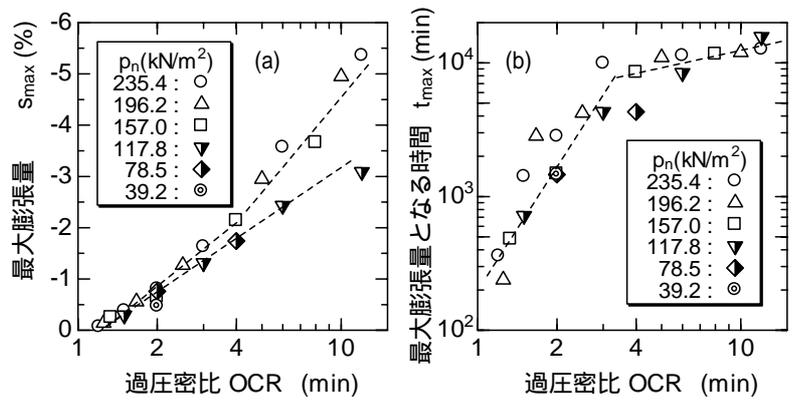


図-4 除荷時の最大膨張量，時間と OCR の関係

張量 $\varepsilon_{s,max}$ ，その時間 t_{max} と OCR の関係を調べ図-4 に示した。ばらつきはあるものの， $\varepsilon_{s,max}$ と t_{max} は OCR との間に相関性が認められ，OCR=3~4 がその変化点となることがわかる。

3.2 再荷重過程

図-5 は，吉国らが OCR=2 の過圧密粘土に対して行った再荷重試験の間隙比の経時変化で，再荷重前の除荷期間長短の影響が比較されている⁶⁾。吉国らは，この結果が示すように，過圧密粘土の二次圧密は勾配の緩やかな前半部 (~1000 分) と勾配が急な後半部 (2000 分~) に分けられるとして，この要因を考察している。今回実施した試験結果の例が図-6 であるが，図-5 と同様，圧密時間が長くなると二次圧密の勾配が増加する結果となった。そこで 100 分~1000 分の二次圧密係数を $\alpha_1 (= d\varepsilon/d \log t)$ ，1000 分以降を α_2 としてそれぞれ求め，再荷重前の OCR との関係性を調べ図-7 に示した。図から，後半部の α_2 は α_1 の 5 倍程度まで増加すること，再荷重荷重 p_r が異なっても二次圧密係数は荷重前の OCR に依存して決まることがわかる。

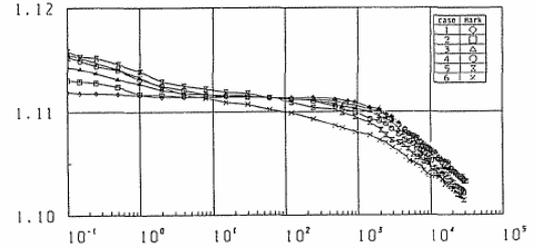


図-5 吉国らによる再荷重時の沈下曲線⁶⁾

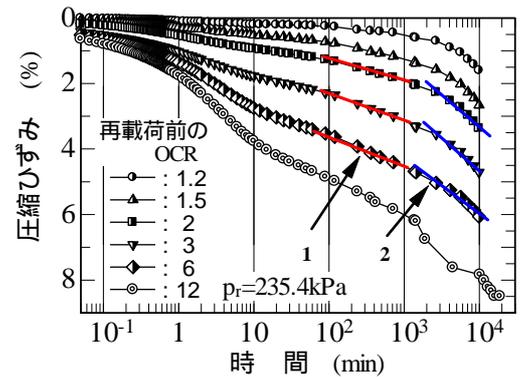


図-6 再荷重時のひずみの経時変化

ここで再度図-6 を見てみると，1 分から 10 分間で逆 S 字型の圧密曲線が終了し，その直後の 10 分~100 分でも α_1 より緩やかな二次圧密が生じている。このように応力履歴を受けた過圧密粘土の二次圧密係数が時間によって変化するとすれば，どこの値を採用するかが重要となる。過圧密粘土地盤で長期間沈下挙動を計測するような，現場データによる検証が必要であろう。

4. あとがき

応力履歴をうけて過圧密になった粘土では，過圧密比が除荷後のひずみ量や，再荷重後の二次圧密係数と高い相関性のあることが判った。再荷重時の二次圧密は経過時間に依存するため，その決定には注意が必要である。

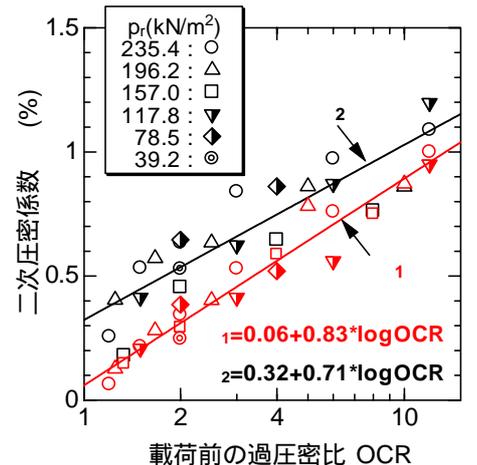


図-7 二次圧密係数 の比較

1) Mimura, et al: Long term settlement of the reclaimed quasi-overconsolidated Pleistocene clay deposits in Osaka Bay, S&F, Vol.43, No.6, pp.141-153, 2003.
 2) Tanaka, H., et al: Consolidation behavior around p_c for Pleistocene clay deposits in Osaka Basin, IS-Osaka, pp.17-22, 2004.
 3) 吉国洋：軟弱粘土の圧密曲線と圧縮曲線に関する一つの解釈 ()，土木学会第 48 回年次学術講演会，pp.990-991，1993。
 4) 白子博明，赤石勝 他：サーチャージ工法における二次圧密軽減効果，第 23 回土質工学研究発表会，pp.273-274，1988。
 5) 山田清臣，鎌尾彰司：圧密圧力除荷後の長期沈下特性(2)，第 26 回土質工学研究発表会，pp.381-382，1991。
 6) 吉国洋，森脇武夫 他：過圧密粘土の応力履歴と二次圧密特性，第 25 回土質工学研究発表会，pp.381-382，1990。