

大阪湾洪積粘土の応力緩和実験とその評価(その1)

応用地質(株) 正会員 ○野坂 知正, 大向 直樹
 (独)港湾空港技術研究所 正会員 田中 洋行

1. はじめに

大阪湾洪積粘土の圧密降伏応力付近に載荷した場合の沈下ひずみと過剰間隙水圧の挙動は, Terzaghi 型の弾性圧密理論とはほとんど整合しない。図-1(a),(b)は,大阪湾洪積粘土 Ma10 層を用いた分割圧密試験にて,圧密降伏応力付近に載荷した際の過剰間隙水圧と沈下ひずみの経時変化を示している¹⁾²⁾。図-1(a)では,一次圧密中に過剰間隙水圧の消散が停滞するような挙動がみられる。しかし,図-1(b)をみると,このときの沈下ひずみは単独で進行していることがわかる。吉國ら³⁾⁴⁾は,圧密過程は排水による過剰間隙水圧の消散と有効応力緩和による発生が同時進行していく過程であり, Terzaghi 以来考えられてきているような過剰間隙水圧の単純消散過程ではないと説明している。本研究では,大阪湾洪積粘土の圧密過程における有効応力緩和量を把握するための実験を行った。本報告その1では,間隙水圧の測定を伴う圧密試験のクリープ過程にて,排水を止める事により有効応力を緩和させた実験結果について報告する。

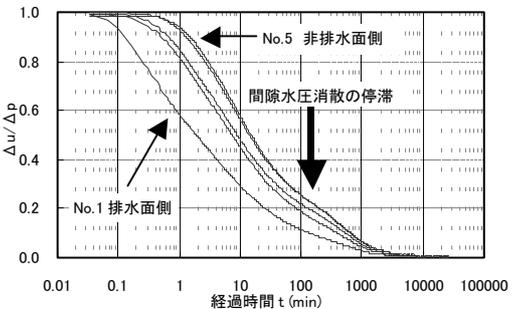


図-1(a) 過剰間隙水圧比の経時変化¹⁾²⁾

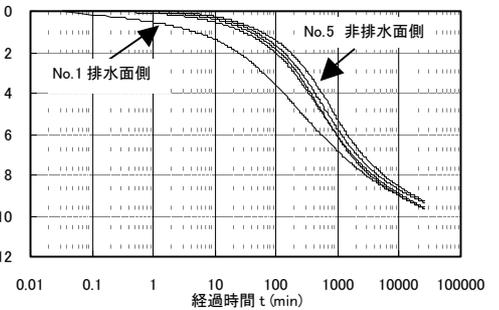


図-1(b) 沈下ひずみの経時変化¹⁾²⁾

2. 実験に用いた試料および実験方法

実験に用いた試料は,大阪湾洪積粘土 Ma12 層, Ma10 層, Ma3 層である。試料の特徴を表-1に示す。

実験は,室温 20 の試験室内で実施した。供試体を港研式分割圧密試験機の圧密容器にセットし,予備圧密後に原位置の有効土被り圧(p_0)に等しい圧密圧力を 24 時間載荷した。続いて,非排水状態とした供試体に $p=(p_c-p_0)$ となる圧密圧力を載荷し,過剰間隙水圧比が $u/p = 1$ となった時に排水コックを開き,片面排水による圧密を開始した。その後,過剰間隙水圧消散後のクリープ過程において,排水コックの開閉により排水・非排水を繰り返し,非排水面側の間隙水圧変化を計測した。また,実験は p_c 付近での載荷時に加え,正規圧密(NC)領域での載荷時においても実施した。さらに,排水コックを閉じる前のひずみ速度が異なるように,排水条件の異なる 3 つのケースについて実施した。試験条件の詳細を表-2に示す。なお, p_c は定ひずみ速度圧密試験($\dot{\epsilon}=0.02\%/min$)による圧密降伏応力である。

表-1 実験に用いた試料の特徴

地層名	Ma12層	Ma10層	Ma3層
深度(m)	45.2	101.1	206.9
自然含水比(%)	81.8~83.2	54.7~55.4	56.9~63.4
初期間隙比	2.14~2.15	1.54~1.63	1.53~1.68
土粒子密度(g/cm^3)	2.646	2.686	2.658
液性限界(%)	102.5	98.0	113.1
塑性限界(%)	38.5	35.8	33.7
塑性指数	64.0	62.2	79.4
有効土被り圧(kPa)	337	751	1501
圧密降伏応力(kPa)	456	1134	1981
サンプリング方法	水圧式	水圧式	デニソン

表-2 実験条件の詳細

地層名	Ma12層		Ma10層		Ma3層	
	p_c 付近	正規圧密領域	p_c 付近	正規圧密領域	p_c 付近	正規圧密領域
載荷条件	$p_0 \rightarrow p_c$	$3p_c \rightarrow 5p_c$	$p_0 \rightarrow p_c$	$1.5p_c \rightarrow 2p_c$	$p_0 \rightarrow p_c$	$1.5p_c \rightarrow 2p_c$
排水条件	[Case1]; $H_0=2cm$		圧密開始→間隙水圧消散→非排水1回目(24h) →排水(72h) → ……→非排水3回目(24h) →排水→試験終了			
	[Case2]; $H_0=2cm$		圧密開始→間隙水圧消散→非排水1回目(24h) →排水(24h) → ……→非排水5回目(24h) →排水→試験終了			
	[Case3]; $H_0=1cm$					

*) 分割圧密試験機の圧密容器は, 1 個のみを単独で使用した。

キーワード: 洪積粘土, 圧密, 応力緩和

連絡先: 〒330-0038 埼玉県さいたま市北区宮原町 1-66-2 応用地質(株)コアラボ TEL 048-663-8611 FAX 048-663-8618

3. 実験結果および考察

実験結果の1例として, Ma12層のNC領域に載荷したとき(CASE3)の沈下ひずみの経時変化を図-2に, 過剰間隙水圧比の経時変化を図-3に, 排水過程におけるひずみ速度($\dot{\epsilon}$)の経時変化を図-4に示す。図-2, 3をみると, 一次圧密終了後のクリープ過程においても, 排水コックを閉じ非排水条件にすると, 過剰間隙水圧が上昇することがわかる。また, 図-3, 4をみると, $\dot{\epsilon}$ が小さくなるに伴い過剰間隙水圧上昇量も小さくなることわかる。

供試体内部挙動を把握するための検討実験として, 表-2の各ケースとは別に圧密容器を5個連結させた実験(p_c 付近での載荷)を1ケース実施している。このケースの過剰間隙水圧比の経時変化を図-5に示す。図中の凡例は, No.1が排水面に一番近い要素, No.5が非排水面で計測した間隙水圧挙動である。これをみると, 一次圧密中の挙動は排水距離によって異なるが, 一次圧密終了後の非排水時の挙動はすべての要素において同じ挙動となることがわかる。また, 図は省略するが, 二次圧密過程での分割各要素の $\dot{\epsilon}$ はほぼ等しくなっている。このことから, 表-2に示した本実験の非排水時において, 供試体に作用している有効応力の緩和量は, 排水面からの距離によらず, 非排水面側で計測した過剰間隙水圧の上昇量に等しいといえる。

図-6~8に, 各試料の有効応力緩和量と $\dot{\epsilon}$ の関係をもとめた。図の縦軸は, 排水コックを閉じてから約1400分経過した時の有効応力緩和量($\Delta\sigma'/\sigma'$)を圧密圧力(σ'_v)で正規化した値($\Delta\sigma'/\sigma'_v$)であり, 横軸は排水コックを閉じる前の $\dot{\epsilon}$ の値である。これをみると, 各試料の緩和量 $\Delta\sigma'/\sigma'_v$ が $\dot{\epsilon}$ に依存していることが確認できる。また, p_c 付近とNC領域に載荷した場合を比較すると, 等しい $\dot{\epsilon}$ における緩和量 $\Delta\sigma'/\sigma'_v$ は, 前者の方が大きいことがわかる。

4. まとめ

大阪湾洪積粘土を用いた圧密試験のクリープ過程にて, 排水を止め有効応力を緩和させる実験を行った。その結果, p_c 付近と正規圧密領域に載荷した場合の比較において, 等しい $\dot{\epsilon}$ における緩和量 $\Delta\sigma'/\sigma'_v$ は, 前者のほうが大きい値を示す事がわかった。

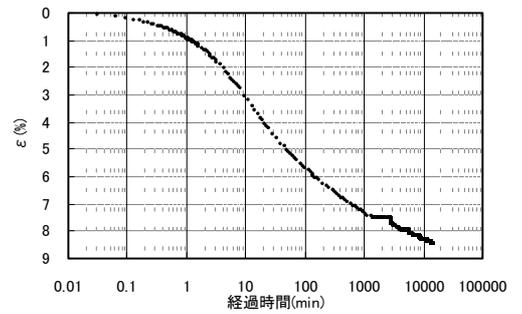


図-2 $\sim \log t$ 関係の1例

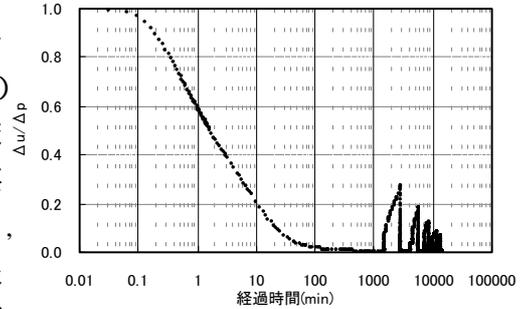


図-3 $\Delta u / \Delta p \sim \log t$ 関係の1例

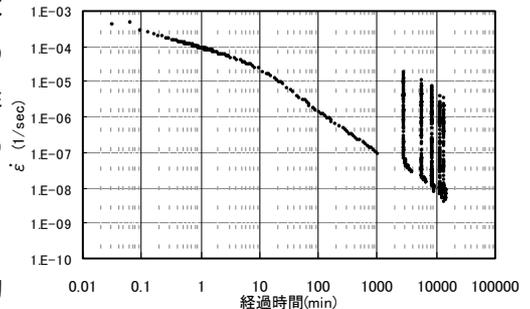


図-4 $\sim \log t$ 関係の1例

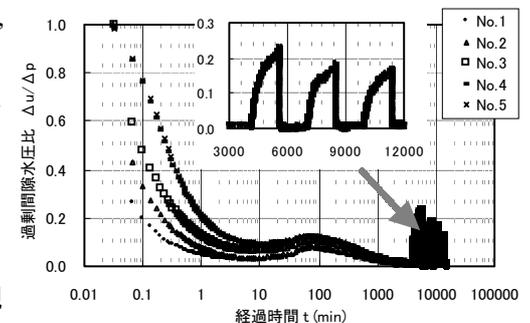


図-5 $\Delta u / \Delta p \sim \log t$ 関係の例 (5連の場合)

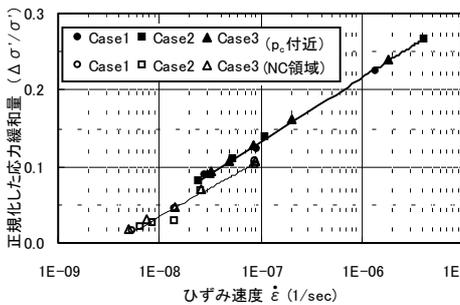


図-6 $\Delta \sigma' / \sigma'_v \sim \log \dot{\epsilon}$ 関係 (Ma12層)

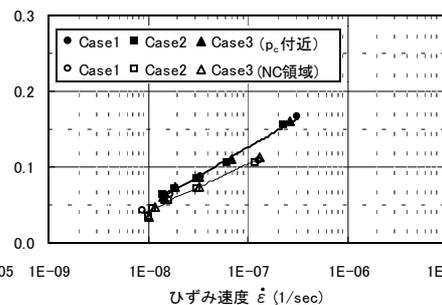


図-7 $\Delta \sigma' / \sigma'_v \sim \log \dot{\epsilon}$ 関係 (Ma10層)

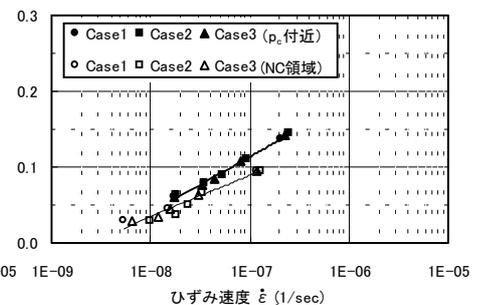


図-8 $\Delta \sigma' / \sigma'_v \sim \log \dot{\epsilon}$ 関係 (Ma3層)

参考文献; 1)大向ら(2002): 大阪湾洪積粘土の圧密降伏応力付近でのH²則に関する考察,土木学会第57回年次学術講演会講演概要集, pp.362-363. 2)大向ら(2003): 大阪湾洪積粘土の圧密挙動に関する一考察,第38回地盤工学研究発表会(投稿中). 3)吉國ら(1994): 一次元圧密の機構,第29回土質工学研究発表会発表講演集3冊分の1,pp.267-268. 4)吉國ら(1994): 一次元圧密におけるクリープと有効応力緩和,第29回土質工学研究発表会発表講演集3冊分の1,pp.269-270.