

過圧密粘土の二次圧密特性
The Secondary Compression Characteristics of Overconsolidated Clay

池上 慎 司* (Shinji Ikegami)
中ノ堂 裕 文** (Hiroyumi Nakanodo)
吉 國 洋*** (Hiroshi Yoshikuni)
福 原 和 顕**** (Kazuaki Fukuhara)

キーワード：圧縮／圧密／クリープ／二次圧密／プレローディング (IGC: D-5)

1. まえがき

室内において沖積粘土を圧密すると、その圧密過程終期においてTerzaghi理論では説明できないクリープ沈下が生じ、これが実際の粘土地盤の圧密沈下の予測を困難にしている。このようなクリープ現象は、Terzaghi理論に従う“一次圧密”に対して、“二次圧密”と呼ばれ、近年では、Bjerrum¹⁾のモデルをベースとした研究が盛んに行われている。

Bjerrumは、粘土の圧縮を即時圧縮と遅延圧密に区分できるとして図-1に示すモデルを提案した。このように彼の概念は単純明解で多くの二次圧密の研究者に大きな感銘を与えた。しかし、彼のモデルの対象は正規圧密粘土のクリープ挙動であり、過圧密粘土に対するクリープ挙動に不明な点が多い。例えば、K状態では図-2に示すように p_1 で長時間圧密され時間履歴によりAからCの経路で間隙比を e_1 まで減少した粘土、いわゆる疑似過圧密粘土と p_2 でBまで圧縮されその後 p_1 まで除荷され e_1 まで間隙比を回復した文字通りの過圧密粘土とは、間隙比は同じでも粘土の三次元的応力状態は、一般に同一ではないと考えられる²⁾からである。

近年では、構造物が長大であったり、軟弱地盤上に構造物を建設するような場合が多く、プレローディング工法やサーチャージ工法といった事前圧密による地盤改良が行われている。このような事前圧密工法を施した粘土地盤は、過圧密状態となっており、圧縮性はかなり小さく二次圧密沈下も、ある程度軽減されていると考えられる。しかし、上のように、粘土地盤に建設される構造物が巨大であったり、長期間にわたるわずかな残留沈下も許されない構造物の場合、過圧密状態における二次圧密沈下を無視できず、この予測解析が大きな工学的課題となる。

事前圧密処理を施した粘土地盤の圧密沈下を解析するためには、応力履歴などの諸条件と二次圧密特性の関係を知る必要がある。

この種の研究では、Mesri³⁾や安川⁴⁾が、二次圧密係数Cと諸条件の関係について検討し、興味深い結果を得ているが、どちらの研究も対象は正規圧密粘土で、過圧密粘土の二次圧密特性についてはあまり触れてない。

本研究では過圧密粘土の、応力履歴がその二次圧密特性に与える影響および、正規圧密粘土に対するBjerrumのモデルの過圧密粘土への適応性を実験的に検討した。

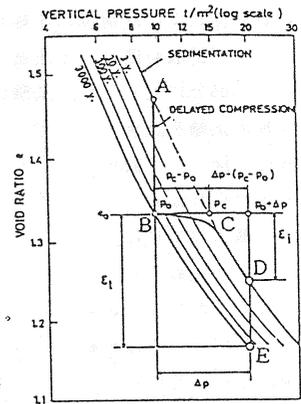


図-1 Bjerrumのモデル

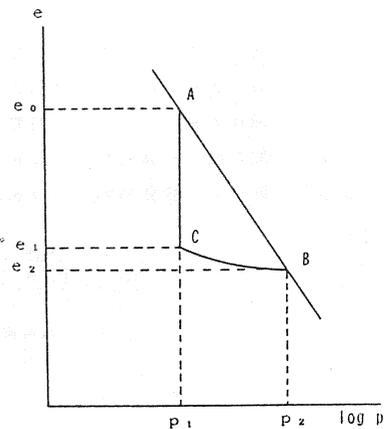


図-2 疑似過圧密粘土と過圧密粘土

* 広島大学 大学院 工学研究科

**復建調査設計課 企画開発部

*** 広島大学 工学部 第四類 建設構造 教授

****中電技術コンサルタント課 土木第2本部

2. 試験方法

① 試料

試験には、広島粘土を高含水比(140±5%)において練り返し脱気を十分に行ったスラリーを、0.5kgf/cm²の荷重で再圧密した試料を使用した。なお、圧密の打ち切り時期は、3T_E法により決定した。(図-3参照)

また、試料の物理的性質は表-1のとおりである。

② 試験装置および荷重条件

試験は、標準圧密試験装置及び試料底部で間隙水圧の測定が可能な一次元圧密装置を用いて、図-4の模式図に示すような載荷～除荷～再載荷および載荷～除荷という応力履歴を与え、再載荷後および除荷後の圧縮挙動を長期にわたり調べる方法をとった。試験時間は、予圧密で各荷重段階とも1440分、本試験で10000分以上とした。試験は、検討項目に対し、以下に示す5種の試験を計画した。以下、文中で用いるOCR、最大OCRは、図-4で説明する

とOCRは p_c / p_r で、最大OCRは p_c / p_u で定義するものとする。ただし、試験4、5については再載荷がないのでOCRは、 p_c / p_u である。

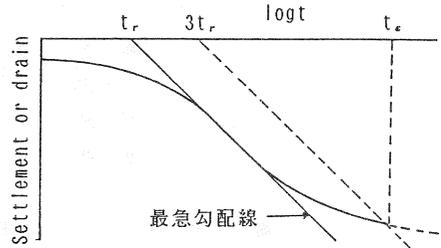


図-3 3T_E法

表-1 試料の物理的特性

液性限界 L.L(%)	塑性限界 P.L(%)	塑性指数 P.I	比重 Gs
77.4	40.4	37.0	2.67

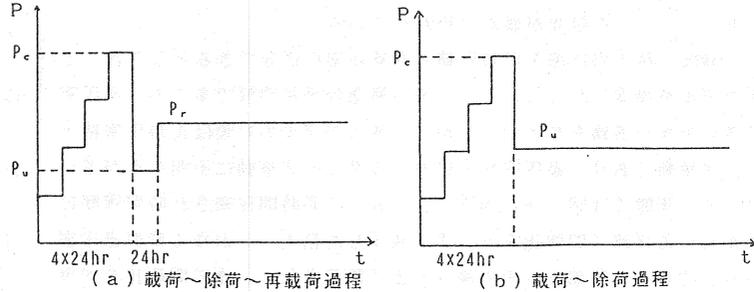


図-4 載荷条件模式図

試験1：過圧密粘土のクリープ特性におよぼす再載荷荷重強度とOCRの影響(応力経路は表-2参照)

試験2：過圧密粘土のクリープ特性におよぼす最大OCRの影響(応力経路は表-3参照)

試験3：過圧密粘土のクリープ特性におよぼす再載荷時の荷重増加率の影響(応力経路は表-4参照)

試験4：除荷時の膨張特性および再沈下特性におよぼすOCRの影響(応力経路は表-5参照)

試験5：除荷時の膨張特性および再沈下特性におよぼす圧密荷重強度の影響(応力経路は表-6参照)

表-2 試験1の応力経路

case	予圧密 (P _c)	除荷 (P _u)	再載荷 (P _r)	OCR	最大OCR
1-1	段階載荷 (Δp/p ₀ = 1)	→ 1.6	→ 2.4	1.33	2.0
1-2			→ 2.6	1.23	
1-3			→ 2.8	1.14	
1-4			→ 3.0	1.07	
1-5			→ 3.2	1.00	
1-6			→ 3.4	-	
1-7			→ 3.6	-	

(単位 kgf/cm²)

表-3 試験2の応力経路

case	予圧密 (P _c)	除荷 (P _u)	再載荷 (P _r)	OCR	最大OCR
2-1	段階載荷 (Δp/p ₀ = 1)	→ 0.2	-	-	16.0
2-2		→ 0.4	-	-	8.0
2-3		→ 0.8	→ 3.0	1.07	4.0
2-4		→ 1.6	-	-	2.0

(単位 kgf/cm²)

表-4 試験3の応力経路

case	予圧密 (P _c)	除荷 (P _u)	再載荷 (P _r)	再載荷時の Δp/p ₀
3-1	段階載荷	→ 0.2	→ 3.0	14.0
3-2	0.2 → → → 3.2	→ 0.2	→ *1.6 → 3.0	1.0

*1.6kgf/cm²まで段階載荷 (Δp/p₀ = 1) (単位 kgf/cm²)

表-5 試験4の応力経路

case	予圧密 (P _c)	除荷 (P _u)	OCR
4-1	段階載荷	→ 3.3	1.1
4-2	(Δp/p ₀ = 1)	→ 3.6	1.2
4-3	0.2 → → → 3.2	→ 3.0	1.3
4-4		→ 4.2	1.4
4-5		→ 4.5	1.5

(単位 kgf/cm²)

表-6 試験5の応力経路

case	予圧密 (P _c)	除荷 (P _u)	OCR
5-1	段階載荷	→ 2.6	1.62
5-2	(Δp/p ₀ = 1)	→ 2.8	1.50
5-3	0.2 → → → 3.2	→ 4.2	1.40
5-4		→ 3.2	1.31

(単位 kgf/cm²)

3. Bjerrumモデルの特徴

Bjerrumモデルの適用性を検討するに先立って、その特徴について2、3の考察を行う。

Bjerrumのモデルは、間隙比～有効応力～時間に単一の関係がある、すなわち、

$$F(e, \sigma', t) = 0 \quad (1)$$

である。そこで、 $e \sim \log p$ 関係に直線性を認めるとすれば、

$$e = e_0 - C_c \log(p/p_0) \quad (2)$$

ここに、 e_0 は $p = p_0$ での間隙比であり C_c は圧縮指数である。

また、有効応力が一定となった状態で間隙比 e の変化が $\log t$ について比例すると仮定すると

$$e = e_{c0} - C_{\alpha} \log(t/t_{c0}) \quad (3)$$

と表せる。ここに、 e_{c0} : $t = t_{c0}$ での間隙比であり C_{α} は二次圧密係数である。なお、 t_{c0} は二次圧密の始まる時間で、本研究では本試験開始時を t_{c0} としている。

間隙比～有効応力～時間関係が式(2)、(3)で表され、 e 、 C_c が有効応力によって変化しないとすれば、これらの関係は図-5のようになる。

図-5において、直線 A-A' ~ E-E' は等時圧縮曲線群であり、その中の A-A' は即時圧縮曲線である。また、直線 a-a' ~ e-e' は等圧密圧力線群である。

ここで、式(3)を t で微分すると、

$$\frac{de}{dt} = -\frac{C_{\alpha}}{2.3062t} \quad (4)$$

となる。そこで、式(4)右辺の負号を取り除き、両辺の対数

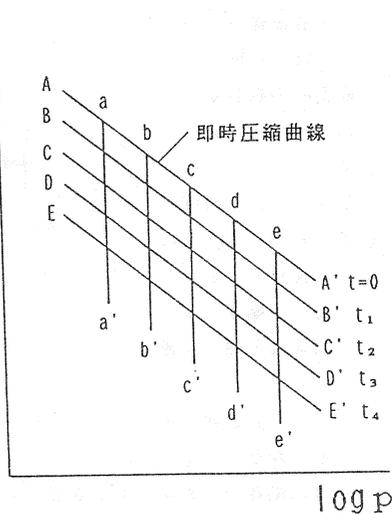


図-5 e ~ log p ~ t 関係

きとると、

$$\log\left(\frac{de}{dt}\right) = \log\left(\frac{C_a}{2.3062}\right) - \log t \quad (5)$$

となり、ひずみ速度の対数と対数時間の間に、傾き-1の直線関係があることを示している(図-6)。

また、式(5)に式(3)を代入しtを消去すると、

$$\log\left(\frac{de}{dt}\right) = \log\left(\frac{C_a}{2.3062}\right) - \frac{e_0 - e}{C_a} \log t \quad (6)$$

となり、ひずみ速度の対数と間隙比eの間に、傾き1/C_aの直線関係があることを示している(図-7)。

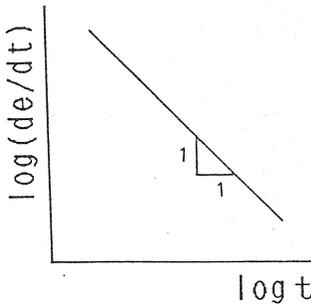


図-6 log(de/dt)~log t関係

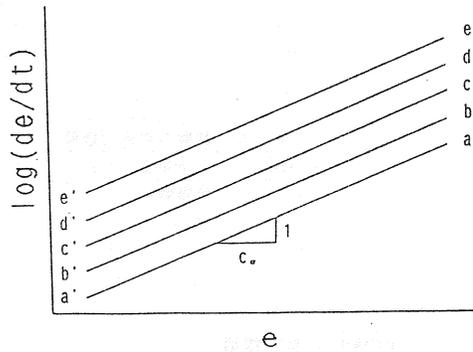


図-7 log(de/dt)~e関係

4. 試験結果とその考察

◎ 載荷~除荷~再載荷過程について

1) 試験1の結果に対する考察

試験1は、同様の応力履歴をうけた過圧密粘土に過圧密および正規圧密の両領域にわたる異なる再載荷重を加えたもので、得られた各ケースのe~log t関係を、図-8に示す。

図を見てもわかるように、各曲線の位置については、初期において除荷時の膨張量に多少のバラツキがあるため若干上下しているが、再載荷後十分に時間が経過すると、当然ではあるが荷重の大きいケース程、圧縮量が多いため曲線は下側に位置している。

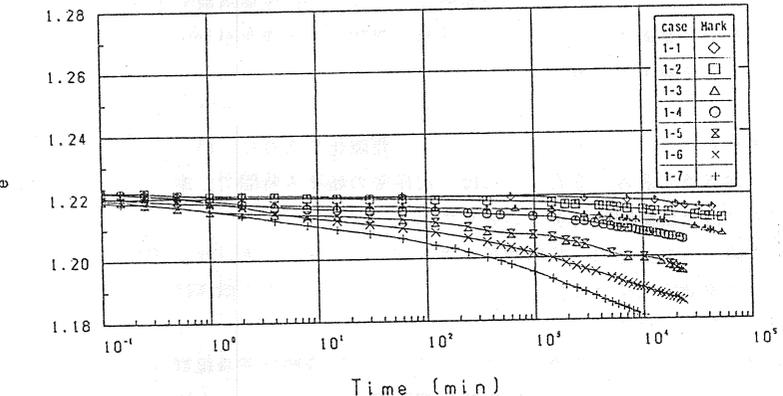


図-8 e~log t関係(試験1)

つぎに、各曲線の形状について考えると、過剰間隙水圧の消散した後、log tに比例してeが減少しているのが明らかなのはcase 1-6, 1-7の2ケースのみで、他のケースは側面摩擦や室温の変化などといった実験の精度の問題のためか、多少歪んでいるようである。

また、各ケースともに、再載荷後数分間の過剰間隙水圧に対応する圧密部分が存在し、その後は完全な二次圧密過程となっている。この二次圧密過程は、ほとんど直線的で勾配の比較的緩やかな前半部と、勾配のやや急な直線的な部分もしくは上に凸な曲線となっている後半部に分けられる。前半の直線部の勾配(以後

初期二次圧密係数と呼ぶ)について注目すると、圧密荷重の大きいケース程初期 C_c は大きくなっている。圧密荷重が過圧密領域にあるケースではOCRが大きくなるほど初期 C_c は小さくなっているわけである。また、この前半部から後半部への屈曲点は、再載荷荷重の大きいケースほど早い時間に現れており、粘土がなんらかの形で応力履歴の影響を脱したときに現れるものと考えられる。この屈曲点の現れる原因として、除荷膨張曲線を越えることや過去に経験した間隙比を越えることが考えられる。しかし、各曲線の屈曲点は、そのような間隙比よりも小さい領域で現れており、他に何か粘土の構造に関係する原因があると思われる。

ここまでの議論において時間 t の基準となる時間 t_0 は、再載荷を行った時間を 0^+ としている。しかし、基準時間の取り方によって $e \sim \log t$ 曲線は形状を変えることもあり、今回のように時間効果ではなく応力履歴によって間隙比を減少した状態にある粘土に対して Bjerrumのモデルを適用する場合、二次圧密段階の基準となる時間の決め方を検討する必要がある。

この実験では、図-9に示すように p_c まで載荷し p_u まで除荷、そして p_r を再載荷しているのでA点における時間がどのようなラインを基準とした時間なのかを決定するのは非常に困難である。

そこで、基準時間の取り方で変化することのないひずみ速度(de/dt)と間隙比 e で各ケースを整理してみる。

図-10に $\log(de/dt) \sim e$ 関係を示す。図中に示す平行線は、圧密圧力 3.2 kgf/cm^2 で行った長期圧密試験から求めた $C_c = 0.014$ を用いて、先にのべた Bjerrumのモデルによる等圧密圧力線を引いたものである。各ケースとも $\log(de/dt)$ の変化は、初期の圧密過程においては間隙比の減少にともない急激に減少しているの

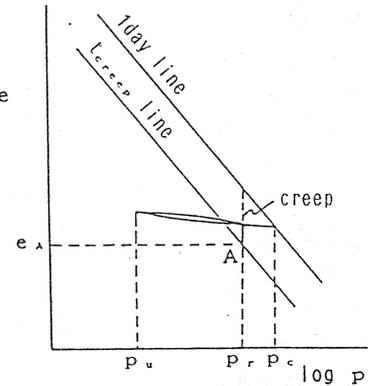


図-9 基準時間の取り方

がわかる。その後は、次第に傾きが緩やかとなり荷重の大きいケースほど上側に位置している。再載荷重が正規圧密領域にあるcase1-5, 1-6, 1-7は、傾きが緩やかになってからは、ほぼ Bjerrumのモデルによる等圧密圧力線に添って変化しており、OCRの小さいcase1-4についても同様の傾向が見られる。一方、OCRの大きい他のケースにつ

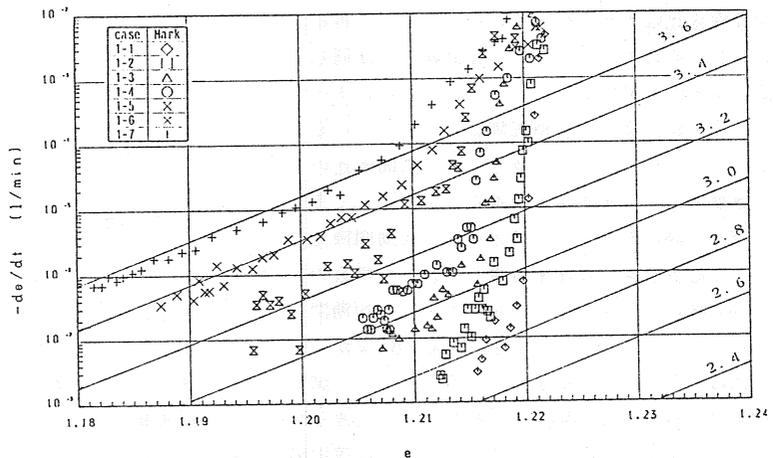


図-10 $\log(de/dt) \sim e$ 関係 (試験1)

いては、等圧密圧力線よりも上側に位置しており、傾きも急である。しかし、その傾きは次第に緩やかになっており、今回の実験では確認することはできなかったが、時間が十分に経過すれば Bjerrumのモデルによる等圧密圧力線にそって来るものと推測できる。

以上のことから、応力履歴を受け過圧密状態となった粘土の二次圧密特性は、その初期においては応力履歴の影響を受けており、Bjerrumのモデルを直接適用するのは問題がある。

実際に事前圧密工法などにより過圧密状態になった粘土地盤のクリープ沈下の解析には、一週間程度の室内試験で求められた C_c が用いられることが多い。しかし、これは上で述べた初期 C_c にあたるもので、この値で解析を行えば勾配の急になる二次圧密後半では、解析値は過少評価となる恐れがある。逆に、OCR

の大きい場合には、応力履歴の影響を脱するのに長時間を要するため、解析の対象は応力履歴の影響の範囲内である二次圧密初期だけの問題になることも考えられる。したがって、解析の際にはOCRと初期 C_c の関係や応力履歴の影響の範囲などを考慮に入れる必要がある。

2) 試験2の結果に対する考察

試験1より、過圧密粘土の二次圧密特性は、応力履歴の影響の範囲を脱すれば正規圧密粘土同様に Bjerrumのモデルで説明できるが、影響の残るその初期部においては、応力履歴の違いによって二次圧密特性も異なることが予想される。そこで、試験2では除荷の割合を変えて膨張量や最大OCRが二次圧密特性にどのような影響を与えるか検討した。

試験2で得られた $e \sim \log t$ 関係を図-11に示す。

試験1同様、各ケースともに二次圧密過程に勾配の緩やかな直線の前半部と Bjerrumのモデルにそう沈下あるいはそれへの移行部である後半部が存在している。各ケースは除荷の割合が異なるため、除荷時の応力の小さいケース程当然膨張量も大きくなり、試験開始時

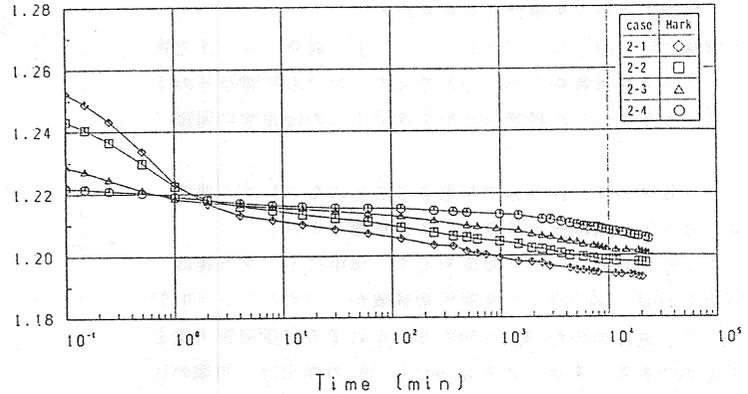


図-11 $e \sim \log t$ 関係 (試験2)

の初期間隙比は大きくなっている。しかし、再載荷後数分でその差はなくなり、各曲線はほぼ同じ時間に交差する形になっている。ここで注目すべきことはそれ以降で、初期間隙比の大きかったものが小さかったものを追い抜き、さらに間隙比の減少速度の大きいまま沈下が進んでいることである。Bjerrumのモデルから考えると、初期間隙比の異なる粘土を同一の圧密荷重で圧密した場合の $e \sim \log t$ 関係は、図-12に示すように、初期間隙比の大きいものは上から、小さいものは下からある直線に近づくことが予想される。しかし、試験結果はこの考えとは異なり、各ケースは交差した後の二次圧密初期において除荷時の応力の大きさの順にほぼ等間隔に広がっている。

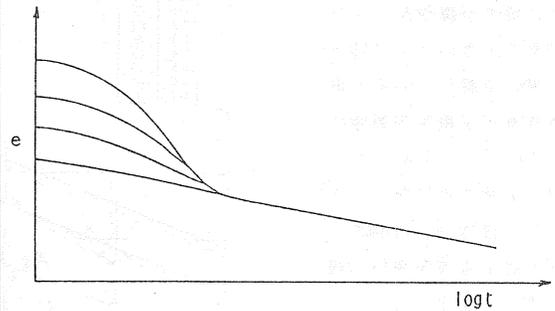


図-12 予想された $e \sim \log t$ 関係

つまり、除荷時の応力の小さいケース程二次圧密初期の C_c は大きくなり、屈曲点前後での C_c の差が少なくなっている。

そこで、二次圧密初期の C_c と最大OCRの対数をプロットしたところ図-13に示すように両者に線形関係が認められた。また、試験1で再載荷荷重が過圧密領域にあるケースでは、OCRが大きくなるほど初期 C_c が小さくなることは既に述べた。したがって、本研究のような載荷～除荷～再載荷の応力履歴を受けた場合、再載荷過程の初期二次圧密係数は、再載荷時のOCRと最大OCRにより決定できるものと考えられる。なお、本報告では述べてはいない

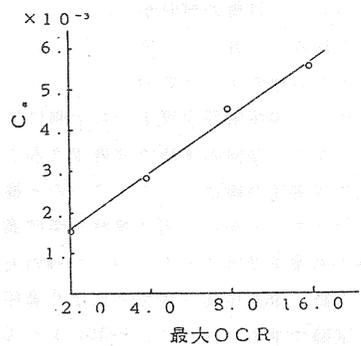


図-13 初期 C_c と最大OCR

が、再載荷重を 2.6kgf/cm²とした試験2同様の試験でも同じような結果が得られた。

3) 試験3の結果に対する考察

試験2において、この様な初期間隙比の大きいものが小さいものを追い抜く現象が起こった原因について考えると、試験2では除荷時の応力を変えてその後一気に再載荷を行っているため、各ケースの増分荷重つまり荷重増加率が異なっていることが挙げられる。そこで、試験3では表-4に示すような試験を行い荷重増加率が二次圧密特性に与える影響を検討した。

試験3の $e \sim \log t$ 関係を図-14に示す。

この2ケースは除荷までの応力履歴は同一で最大OCRは等しくなっている。しかし、その後の載荷方法は case3-1は一気に、case3-2は荷重増加率=1で段階載荷したため再載荷時の初期間隙比は case3-1の方が大きくなっている。しかし、段階的に載荷され荷重

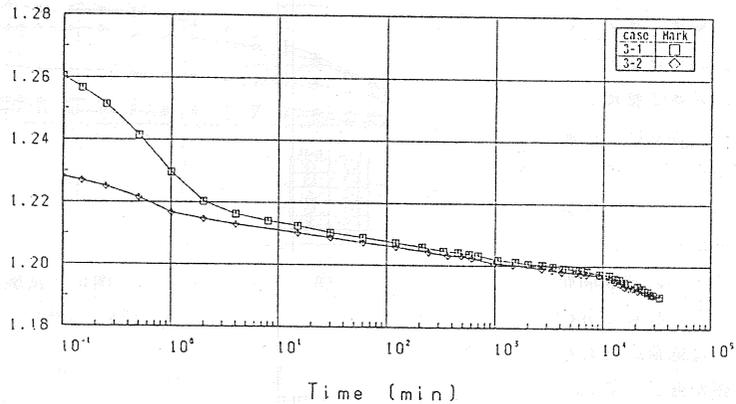


図-14 $e \sim \log t$ 関係 (試験3)

増加率の小さい case3-2は case3-1に比べて、30分程度までは若干勾配が小さいようであるが、それ以降では両者はほぼ平行となり同様の沈下をしている。

したがって、荷重増加率の二次圧密特性に及ぼす影響はほとんど無いものと思われる。すなわち、試験2のような二次圧密特性の違いは再載荷過程によって生じる相違ではなく、除荷過程に何等かの原因が存在するためと考えられる。

除荷過程による原因として考えられる一つとして、載荷～除荷過程を経ることにより粘土試料が著しく乱され、その度合いが応力履歴の大きさに対応して大きくなることがあげられる。応力履歴によって乱された試料は、引き続き載荷によって乱れが次第に整えられ、乱れのなくなった時点からは Bjerrumのモデルに沿う間隙比の変化をするという考え方である。しかし、この考え方については、従来の報告³⁾⁴⁾によると試料の乱れの度合いが大きいほど、二次圧密係数 C_c は小さくなるはずで、本研究の結果は異なっている。また、詳しく調べるためには、除荷後の試料を顕微鏡のようなもので観察する必要があると思われる。

もうひとつの考え方として、載荷～除荷～再載荷の応力履歴を受ける過程で試料の応力状態が違った状態になることもあげられる。この様な三次元的応力状態の違いは、二次圧密の主要原因として一次元圧密中の主応力差つまりせん断応力が考えられるため重要である。

一次元圧密中の主応力差は、

$$q = \sigma_1 - \sigma_3 = (1 - K_0) \sigma_1 \quad (7)$$

と表される。この式から、 σ_1 が一定のときは K_0 の値が大きいほど一次元圧密中の主応力差は小さくなるはずである。

除荷過程、再載荷過程の K_0 値については、既往の研究³⁾において過圧密比OCRに関係していることが報告されている。これによれば、試験2における再載荷時の K_0 値は最大OCRが大きくなるほど小さくなり、(7)式より主応力差つまりせん断応力が大きくなる。よって、再載荷時のOCRが一定の場合、最大OCRが大きいケースほど二次圧密が進むことになり試験2の結果を説明できる。しかし、これを実証するには三軸圧縮試験機による実験を行う必要があり、現時点では再載荷時の K_0 条件を保つことが困難なため、これは今後の研究課題としたい。

◎ 載荷～除荷過程について

4) 試験4, 試験5の結果に対する考察

試験4, 試験5の間隙比～時間関係をそれぞれ図-15, 図-16に示す。ここでは、各ケースの圧縮特性を比較しやすくするため間隙比の変化量 Δe と時間の対数で整理した。ただし、 Δe は e の減少方向を正としている。

図-15, 16を見ても分かるように、各ケースともに試験開始直後から1000分程度までは除荷にともなう膨張が起こっている。その後は、膨張速度が徐々に減少しながら再沈下へと移行している。

除荷過程の膨張(沈下)曲線がこの様な形状になるのは、粘土層内部の間隙水圧の分布を考慮にいれて説明しなければならない。今、

簡単のために粘土中に生ずる増加応力が深さ方向に一定であるとすると、ある粘土地盤に Δp の除荷を行った時点の過剰間隙水圧の分布は図-17の斜線部分のようになると考えられる。このとき、除荷直前の過剰間隙水圧から Δp を差し引いたものが除荷直後の過剰間隙水圧になるわけだが、粘土層の中央付近の斜線部Aにおいては \bar{u} なる過剰間隙水圧が依然として存在し、排水面に近い斜線部Bでは負の間隙水圧 \bar{u} が生じる。よって、非排水面寄りの残留過剰間隙水圧(A)の存在する部分ではその消散にともなう沈下及び二次圧密が継続し、排水面付近では負の間隙水圧(B)による、膨張が起きることになる。つまり、粘土層全体の圧縮量を考えると、除荷直後は負の間隙水圧の影響が大きく、膨張するが、その後、両者が次第にバランスし間隙比が一定となる状態となる。さらにその後は、沈下量が卓越するようになり再沈下として現れるものと考えられる。ただし、本試験のケースにおいては載荷過程の過剰間隙水圧は既に消散しており、再沈下は二次圧密のためと考えられる。

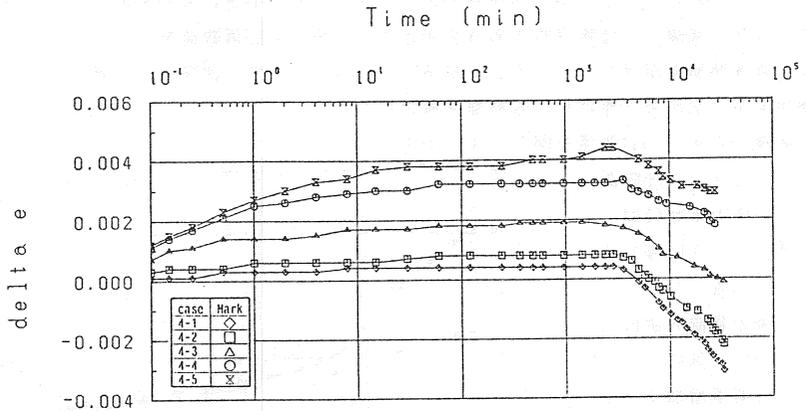


図-15 $\Delta e \sim \log t$ 関係(試験4)

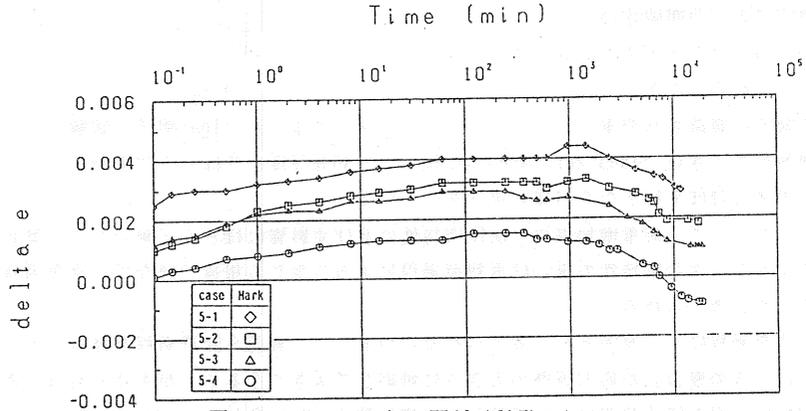


図-16 $\Delta e \sim \log t$ 関係(試験5)

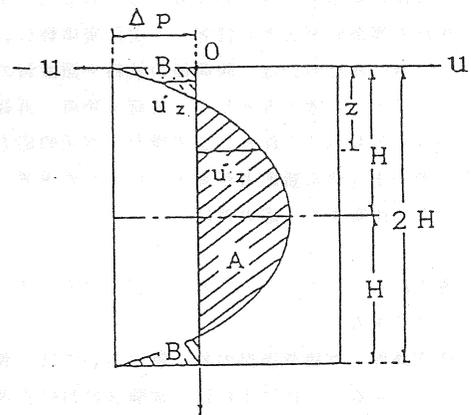


図-17 除荷時の間隙水圧分布

各ケースの膨張特性については、どのケースも除荷直後の勾配の急な部分とその後のやや緩やかな部分が存在する。除荷量およびOCRの大きいケースほどこの傾向は強く、前半部の勾配が急でその継続時間も長いようである。これは、膨張が除荷した荷重が小さい場合には、一次圧密で生じたベッドの圧縮に対する弾性的な回復と考えられるのに対して、除荷した荷重の大きい場合は、ベッドの膨張に時間遅れが生じるためと考えられる。また、膨張量についても同様のことがいえ、OCRの大きいケースほど膨張量は多くなっている。そこで、試験4、試験5の最大膨張量 Δe と過圧密比OCRの関係を図-18に示す。図を見ても分かるように、両試験ともに膨張量はOCRの増加に伴い多くなっており、除荷にともなう再沈下までの膨張量はOCRもしくは除荷する荷重の大きさに関係するものと考えられる。

次に再沈下の過程について見ると、再沈下の始まる時間は試験4はほぼ同じ時間に、試験5についてはOCRの小さいケースほど早い時間に沈下が始まっている。また、再沈下は二次圧密によるものと考えられるため、その沈下曲線は $\log t$ に比例して直線的になるはずであるが、直線的なのはcase 4-1, 4-2ぐらいでOCRの大きいケースは実験の精度の問題もあり多少歪んでいる。沈下曲線の勾配については試験4、試験5ともにOCR、除荷量の大きいケースほど緩やかになっており、二次圧密係数 C_α は、図-17に示すようにOCRの増加に伴い減少している。

以上のように、除荷過程の膨張特性および再沈下の特性は、除荷する荷重の大きさもしくは過圧密比OCRの影響を大きく受け、載荷～除荷の形態を取るサーチャージ工法は事前圧密による処理後の沈下抑制が可能であると考えられる。

ただし、載荷～除荷の試験では沈下挙動が微小で、標準圧密試験装置の周面摩擦や室温などが影響する事も考えられるため、今後は三軸圧縮試験装置による実験を検討したい。

5. 結論

本研究から得られた結論を以下に示す。

- 1) 応力履歴を受け過圧密となった粘土の二次圧密沈下は、載荷時を基準とする時間の対数に比例して生じる前半部と、Bjerrumのモデルに沿う沈下もしくはそれへの移行部である後半部とに分けられる。
(図-8参照)
- 2) 二次圧密係数 C_α は、時間基準の取り方で多少異なる値となる。従って、時間基準の取り方に影響されない $\log(de/dt) \sim e$ 関係より C_α を求めるのが妥当である。(図-7参照)
- 3) 過圧密粘土地盤の沈下予測を行う場合、二次圧密による残留沈下を初期二次圧密係数より求めると、過圧密比OCRによっては過少評価となるので注意が必要である。
- 4) 再載荷当初における過圧密粘土の二次圧密挙動は、応力履歴の影響を著しく受け、その初期における二次圧密係数 C_α は、最大OCRの対数との間に直線関係が認められる。また、最大OCRが等しい場合には、現時点のOCRが大きいほど再載荷初期における二次圧密係数 C_α は小さく、OCRと最大OCR

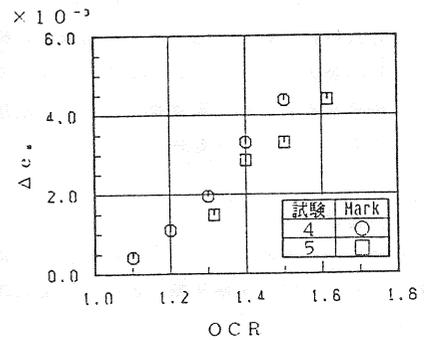


図-18 最大膨張量 Δe とOCR

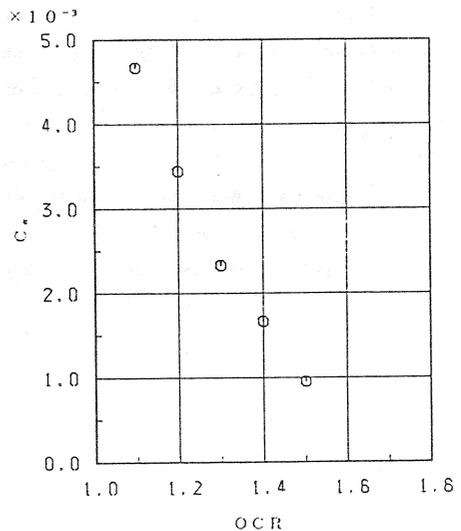


図-19 $C_\alpha \sim OCR$ 関係 (試験4)

- Rにより決定できるものと思われる。(図-13参照)
- 5) 除荷時にもとない粘土は一旦膨張し、極値をとってから再び圧縮過程に入る。その極大膨張量は、OCRの増大とともに大きくなる。(図-18参照)
 - 6) 極値を過ぎた再圧縮過程における二次圧密係数 C_{α} は、OCRもしくは除荷荷重の増大にもとない減少する。(図-19参照)

6. 謝辞

末筆ながら本研究をまとめるにあたりご助力頂いた小松康二氏(広島大学大学院学生)に深く感謝の意を表します。また、実験実施にあたって協力頂いた広島大学工学部山本博技官に感謝する次第です。

7. 参考文献

- 1) L. Bjerrum(1967): "Engineering Geology of Norwegian Normally-consolidated Marine Clay as Related to Settlement of Buildings". Geotechnique, 17, pp. 17-83
- 2) 赤井浩一、佐野郁雄(1981): 「遅延圧密土の一次元変形における状態経路」、土木学会論文報告集、no. 316、pp. 167~170
- 3) Mesri, G.(1973): "Coefficient of Secondary Compression". Proc. ASCE, pp. 123~137
- 4) 安川郁雄、嘉門雅史(1987): 「粘性土の二次圧密における荷重条件の影響」、土木学会論文報告集、Vol. 27, no. 2, pp. 93~106
- 5) P. W. Mayne, F. H. Kulhawy(1982): "K₀-OCR Relationships in Soil" PROC., ASCE, vol. 108