

飽和粘土の応力履歴と二次圧縮特性

広島大学大学院

○学生員 池上 慎司

広島大学

正 員 中ノ堂裕文

中電技術コンサルタント㈱

正 員 福原 和顕

1. まえがき

過圧密粘土は圧縮性が小さいために、二次圧縮沈下を考慮することはあまりないようである。しかし、プレローディング工法などの地盤改良工法を施し過圧密となった粘土地盤の沈下を考えると、建設する構造物が長大な場合や長期残留沈下が厳しく設定されている場合には、これを無視することはできない。

このような応力履歴を受けて過圧密状態となった粘土の二次圧縮沈下については、応力履歴の影響範囲を脱すれば Bjerrum概念¹⁾によって説明できるような沈下を示すことが明らかにされている²⁾。

そこで本研究では、おもに応力履歴の影響を受けていると考えられる範囲についての過圧密粘土の二次圧縮特性を明らかにするために実験的に検討を行なった。

2. 試験方法

試験に使用した試料は広島粘土で、高含水比(140±5%)において練り返した後、0.5kgf/cm²で再圧密したものである。試験は、表-1に示すように除荷の条件を変えた<試験1>、及び表-2に示すように再載荷時の荷重増加率を変えた<試験2>を行なった。なお試験には、標準圧密試験機(d=6cm, h=2cm, 両面排水)を用いた。試験時間は、予圧密段階では1440分、本試験においては10000分以上とした。

表-1 試験方法(試験1)

case	予圧密		本試験 再載荷
	段階載荷		
1-1	0.2 → 0.4 → 0.8 → 1.6 → 3.2	除荷 → 0.2 → 0.4 → 0.8 → 1.6 → → →	→ 3.0
1-2			
1-3			
1-4			
1-5			
(単位: kgf/cm ²)			

(単位; kgf/cm²)

表-2 試験方法(試験2)

case	予圧密			本試験 再載荷
	段階載荷	除荷		
2-1	<試験1>同様	→0.2	→0.4 →0.8 →1.6	→3.0
2-2				

(単位; kgf/cm²)

3. 試験結果および考察

二次圧縮の初期部分は、応力履歴の違いによって異なったものとなることが予想される。そこで、除荷の割合を変えた<試験1>のe~log t関係を調べると図-1に示すようになった。

再載荷後数分間、過剰間隙水圧消散に対応する圧密の部分が存在し、以降は、完全な二次圧縮過程ある。

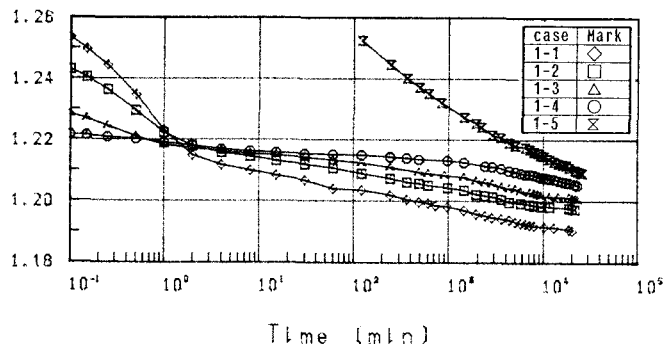


図-1 e~log t関係(試験1)

この二次圧縮過程は、ほとんど直線的で勾配の比較的緩やかな前半部と上に凸な曲線となっている後半部に分けられ、この後半部は Bjerrumの概念に沿う間隙比の変化を示す部分(あるいは、それへの移行部分)と考えられる。各ケースのe~log t曲線の位置については、除荷時の応力の小さいものほど当然膨潤量も大きくなり、初期間隙比が大きくなっている。しかし、再載荷後数分間でその間隙比の差はなくなり各曲線は交差する形になっており、ここで注目すべきはそれ以降である。Bjerrumの概念により、初期間隙比の異なる過圧密粘土を同一の圧密荷重で圧密した場合の圧密沈下を考えると図-2のように、初期間

隙比が大きいものは上側から、初期間隙比の小さいものは下側からある直線に近づくことになる。しかし、試験結果を見ると、初期間隙比の大きいものが小さいものを追いつき、さらに間隙比の減少の割合の大きいまま沈下が生じており、従来の考え方では説明できない。

このような沈下を示す原因について考えてみると、この<試験1>では、表-1からも分かるように、各ケース間で除荷の割合、及び荷重増加率が異なっており、この条件の違いが大きく関係していると推測できる。

そこで、荷重増加率のみを変えた<試験2>を行なったところ図-3に示すような $e \sim \log t$ 関係が得られた。ここでは予圧密段階での最終荷重が異なっているために初期間隙比に差が出ているが、载荷後数十分経過すると両者の差はなくなり、それ以降は同様の変化を示しており、図-1で見られた初期間隙比の大きいものが小さいものを追いつく現象は見られない。

ここで再び図-1を見ると、この二次圧縮初期における直線的な部分は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ことが分かる。そこで、 $\log(de/dt) \sim e$ 関係により求まるこの部分の勾配（二次圧縮係数 C_α ）と除荷時の応力の対数との関係をプロットしてみたところ、両者には直線関係が認められた（図-4）。

この様なことから、二次圧縮初期における圧縮特性は再载荷の方法で決まるのではなく、その前の除荷の段階で決まり、二次圧縮係数 C_α は再载荷の段階における最大過圧密比の対数との間には直線関係があることが明らかになった。

4. まとめ

- 1) 応力履歴を受けて過圧密状態となった粘土の二次圧縮沈下は、前半部の比較的勾配の小さい二次圧縮速度を示す部分と、後半部の Bjerrum の概念に沿う沈下とに分けられる。
- 2) 粘土の二次圧縮特性は、载荷条件によって影響されず、载荷直前の粘土の状態によって決定される。
- 3) 前半部の二次圧縮特性は応力履歴の影響を著しく受け、その部分での二次圧縮勾配は最大過圧密比の対数との間に直線関係が認められる。

参考文献 1) L. Bjerrum (1967): "Engineering Geology of Norwegian Normally-consolidated Marine Clay as Related to Settlement of Buildings" Geotechnique 17 PP17-83

2) 中ノ堂、福原、持田: "飽和粘土の二次圧密特性と応力履歴" 土木学会第42回年次学術講演会概要集

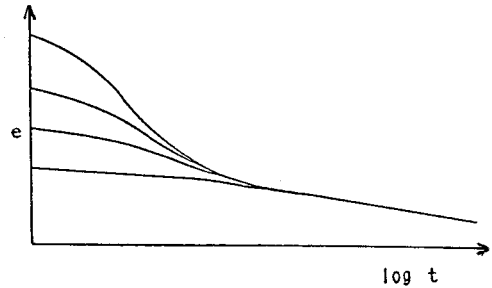


図-2 予想された $e \sim \log t$ 関係（試験1）

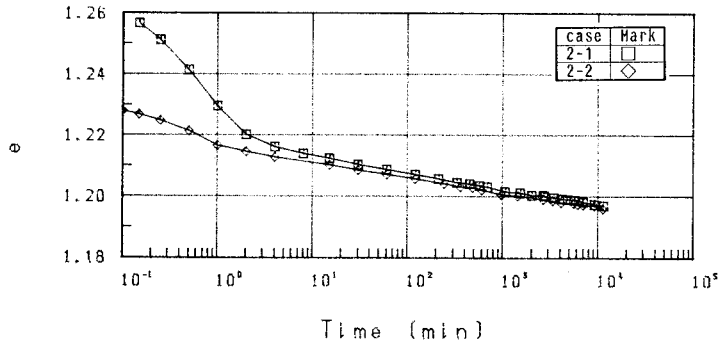


図-3 $e \sim \log t$ 関係（試験2）

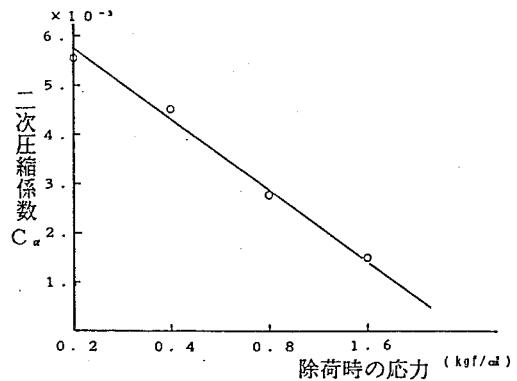


図-4 二次圧縮係数 C_α と除荷時の応力の対数