

自然堆積粘土の圧密挙動に及ぼす繰返し荷重の影響に関する実験的研究

呉工業高等専門学校 正会員 森脇 武夫
呉工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○津國 遼太郎

1. はじめに

大きな荷重を受ける洪積粘土地盤の圧密沈下や繰返し荷重を受ける沖積粘土地盤の長期沈下が事前の予測を大きく上回る事例が数多く報告されている。この原因は、長年月の堆積期間に形成された粘土の骨格構造が新たな載荷によって破壊され、これにより大きな沈下を生じるが、この骨格構造の変化を現在の圧密沈下予測法で考慮できていないことにある。そこで本研究では、繰返し荷重を載荷した時の粘土骨格の構造変化を考慮できる圧密モデルを構築するための基礎データを得ることを目的とし、不攪乱粘土試料で、ベンダーエレメント付きの分割型圧密試験を、定荷重と繰返し荷重を載荷して行った。また繰返し載荷試験では荷重周期の異なる試験を行い、繰返し荷重の周期の違いが粘土の骨格構造の変化に及ぼす影響について検討した。

表 1 試料の物性

土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	液性限界 W_L (%)	塑性限界 W_p (%)	塑性指数 I_p
2.725	81.3	32.0	49.4

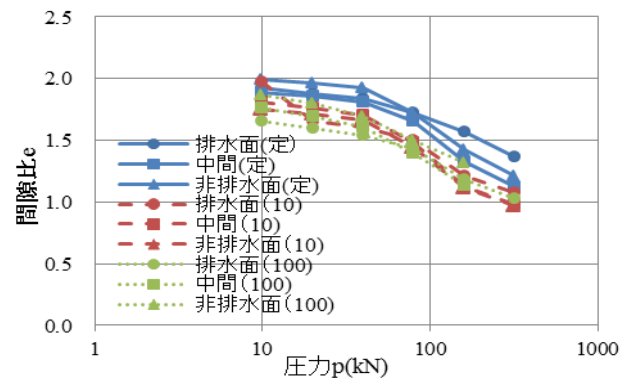


図 1 圧縮曲線

2. 実験方法

本研究で用いた試料はシンウォールサンプラーによって採取された不攪乱粘土試料で、その物性を表 1 に示す。

実験は、ベンダーエレメント付きの分割型圧密試験機を用いて試料を 3 層に分けて行った。最終荷重段階以外の各荷重段階では、3 つの供試体の排水経路を並列に繋いでそれぞれを独立した供試体と考えた両面排水条件とし、各荷重段階の間隙比、せん断波速度、せん断弾性係数を測定する。p=320kPa の最終荷重段階においては、供試体内部の時間的变化を明らかにするため、3 つの供試体の排水経路を直列に繋いだ片面排水条件として間隙水圧、有効応力、せん断弾性係数を測定し、排水面側と非排水面側での違いを定荷重と 10 分周期、100 分周期の繰返し荷重（最大値 320kPa、振幅 160kPa）の結果で比較した。なお、試料中を伝播するせん断波速度 V_s (m/s) はベンダーエレメントによって計測されるせん断波の伝達時間 Δt (μ s) と供試体高さ H (mm) より $V_s=H/\Delta t$ として算出し、せん断弾性係数 G (MPa) は湿潤密度 ρ_t (g/cm³) とせん断波速度 V_s (m/s) を用いて $G=\rho_t \cdot V_s^2$ として算出した¹⁾。

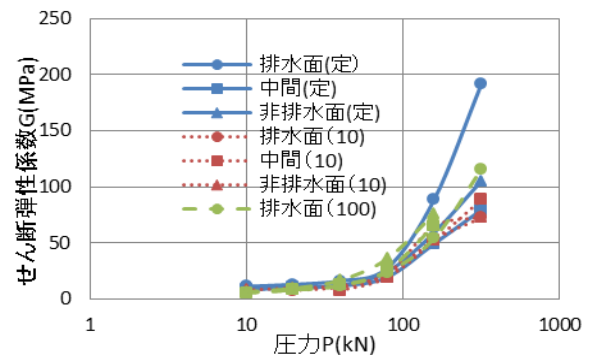


図 2 圧密圧力とせん断弾性係数の関係

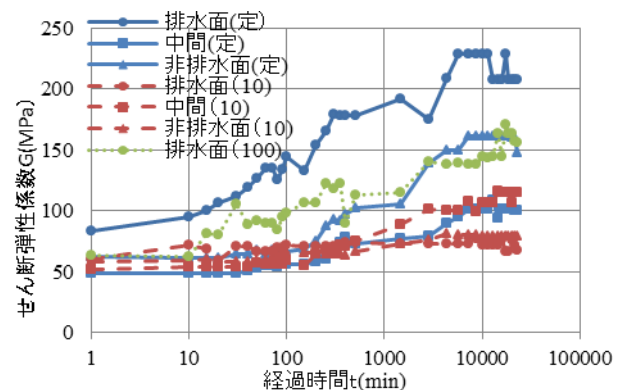


図 3 せん断弾性係数と経過時間の関係

3. 実験結果

3.1 各荷重段階における 24 時間後の状態について

図 1 は段階載荷時の圧縮曲線を表したものである。図 1 より圧密降伏応力 p_c は 50kPa 程度であり、それ以降は正規圧密領域で圧密が進行していることがわかる。

図 2 は段階載荷時のせん断弾性係数と圧密圧力の関係を表したものである。図 2 より圧密圧力が増加するにつれてせん断弾性係数が単調に増加している様子が見られる。これまでの研究²⁾においては、圧密降伏応力を超えたところでせん断弾性係数が減少する骨格構造の破壊の現象が見られたが、今回の実験では正規圧密領域に入る際に骨格構造の大きな破壊は起こらず、徐々に圧密が進行したと考えられる。これより骨格構造の変化の仕方は試料によって異なると考えられる。

3.2 最終荷重段階における状態変化について

図 3 と図 4 に、最終荷重段階において、定荷重と 10 分周期と 100 分周期の繰返し荷重を載荷した場合のせん断弾性係数と沈下量の時間的変化を示す。なお、100 分周期の繰返し荷重を載荷した実験では、排水経路の閉塞により、中間層と非排水面側は有効なデータが得られなかった。

最終荷重段階における有効応力は、紙面の都合上、図は省略するが、定荷重では単調に増加して 320kPa 程度で定常となるのに対して、繰返し荷重を載荷した場合は増減を繰返しながら全体として増加して行く様子が見られた。また有効応力の平均値は 10 分周期と 100 分周期ともに 240kPa であったが、最大値は 10 分周期では 290kPa、100 分周期は 320kPa であった。これより総合して考えると、定荷重、100 分周期、10 分周期の順番に有効応力が大きくなることがわかる。これは周期が長いほど過剰間隙水圧の消散が進むためであり、周期が長いほど有効応力が大きくなることが明らかになった。またどの載荷周期でも間隙水圧が消散、定常状態となり有効応力が一定となる時間は約 1000 分と一定であることも明らかになった。

図 3 より、時間の経過に伴って供試体のせん断弾性係数は大きくなり、周期の違いとしては定荷重、100 分周期、10 分周期の順に大きくなる傾向が見られた。これより有効応力の最大値と平均値が大きい供試体ほどせん断弾性係数の増加量が大きくなることがわかる。

また図 4 よりも、定荷重、100 分周期、10 分周期の順に大きい沈下が生じており、有効応力の違いによっ

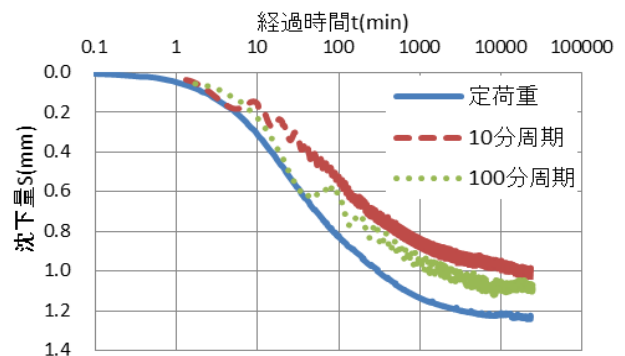


図 4 セン断弾性係数と経過時間の関係

表 2 二次圧密係数 C_α

C_{α_1} (定荷重)	C_{α_2} (周期 10 分)	C_{α_3} (周期 100 分)
9.53×10^{-4}	1.43×10^{-3}	1.10×10^{-3}

て沈下量が増加していると考えられるが、有効応力が一定になった後の二次圧密状態においてはその二次圧密係数を算出したところ、表 2 のような結果になった。これらを比較すると $C_{\alpha_2} > C_{\alpha_3} > C_{\alpha_1}$ という大小関係が得られ、二次圧密においては周期が短いほど二次圧密速度が増加するということが明らかになった。これは、周期が短くなることによって繰返し回数が増え、構造が乱れやすくなるのではないかと考えられる。

4. まとめ

本研究より、今回用いた資料では明確な骨格構造の破壊を観察することができず、粘土骨格の変化の様子は粘土の種類や堆積時の状態によって変化するのではないかと考えられた。また繰返し荷重作用時には繰返し周期が長いほど有効応力が高くなり、その有効応力がせん断弾性係数や沈下量に大きな影響を与えていることがわかった。しかし二次圧密においては繰返し周期が短くなり繰返し回数が増えるほど二次圧密速度は大きくなることが明らかになった。今後は同様の実験や周期を変えた実験を行い、さらにデータを増やし、検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 荻野俊寛, 三田地利之, 渋谷啓, 池亀泰彦: ベンダーエレメントを組み込んだ一面せん断試験装置による粘性土の変形・強度特性の評価, 土木学会論文集 No.694/III-57, pp.195-207, 2001.
- 2) 森脇武夫, 金森悠: 圧密に伴う不攪乱自然堆積粘土における骨格剛性の変化について, 第 46 回地盤工学研究発表会発表概要集, pp.309-310, 2011.