

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
岡山大学大学院 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¹⁾。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、不攪乱粘土試料に対して、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圧縮性や骨格構造のせん断剛性に及ぼす影響について検討した。

2. 実験方法

表 1 試料の物性

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、せん断弾性係数を算出する。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、せん断弾性係数を算出し、排水面側と非排水面側での違いを 10 分周期、100 分周期の繰返し荷重（最大値 320kPa、振幅 160kPa）と、繰返し荷重の最大値である 320kPa の定荷重と、平均値である 240kPa の定荷重の結果で比較した。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²⁾。

3. 結果

段階載荷時の間隙比と圧密圧力の関係は紙面の都合上、図は省略してあるが、圧密降伏応力は供試体によるばらつきはあるものの、①の試料では 45kPa から 58kPa、②、③の試料では 120kPa から 140kPa を得られた。これより、最終荷重段階ではどの試料においても、正規圧密領域で圧密が進行していると考えられる。

採取場所 深度	ρ_s (g/cm ³)	W_L (%)	W_p (%)	I_p
① 木江港 不明	2.725	81.3	32.0	49.4
② 木江港 13.0~13.8	2.643	65.2	18.9	46.3
③ 木江港 13.0~13.8	2.791	98.1	43.6	54.5

表 2 荷重形態による有効応力の大きさの関係

	定 荷 重 (320kPa)	定 荷 重 (240kPa)	10 分 周期	100 分 周期
平均値 (kPa)	—	—	236.7	240.1
最大値 (kPa)	324.8	242.9	301.2	313.8

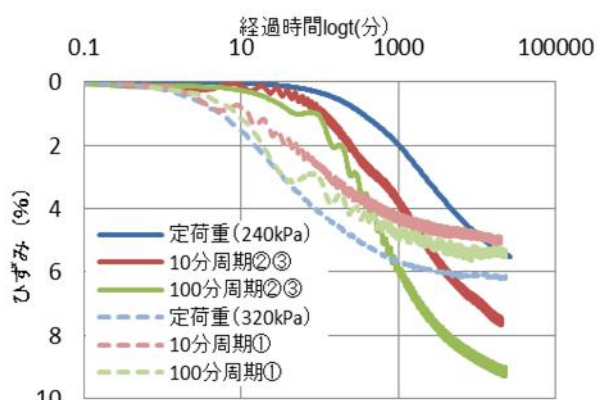


図 1 最終荷重段階のひずみ

キーワード ベンダーエレメント、骨格構造、せん断弾性係数、繰返し荷重、二次圧密

連絡先 〒737-8506 広島県呉市阿賀南 2-2-11

呉工業高等専門学校 環境都市分野 TEL0823-73-8478

最終荷重段階における有効応力も、図は省略するが、定荷重では単調に増加して 320kPa および 240kPa 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しながら全体として増加していく様子が見られた。また有効応力の最大値および平均値は表 2 のようになった。これより、定荷重は全応力が有効応力として作用するが、繰返し荷重では過剰間隙水圧が残り、全応力がすべて有効応力には転化されないことが明らかになった。さらに周期が短いほど間隙水圧が残りやすくなることも明らかになった。また有効応力の時間的な平均値が一定となり定常状態となる時間は約 1000 分と一定であることも明らかになった。

図 1 は最終荷重段階におけるひずみの時間的変化を表したグラフである。ひずみの大きさは表 2 の有効応力の最大値の大きさの順になっており、ひずみの大きさには有効応力の大きさが直接影響している。しかし、過剰間隙水圧が消散、定常状態となつてからは有効応力が一定となっており、二次圧密状態になっていると考えられる。二次圧密係数³⁾を求めると、表 3 のような結果になった。これより、試料①においては $C_{\alpha 2} > C_{\alpha 3} > C_{\alpha 1}$ となった。試料②、③においても $C_{\alpha 2} > C_{\alpha 3} > C_{\alpha 1}$ となり、周期が短いほど二次圧密に影響を与えるということが明らかになった。これは繰返しの周期が短いと繰返し回数が増え、繰返し効果による粘土の攪乱が起こり、骨格構造を乱しやすくなるため二次圧密係数が増加したのだと考えられる。これより載荷周期が短くなるほど、二次圧密に対して大きな影響を及ぼすことが明らかになった。

図 2 は最終荷重段階における間隙比の減少率とせん断弾性係数の増加率の関係を表したものであり、①の試料では定荷重および 100 分周期の実験では間隙比の減少に伴いせん断弾性係数も増加していることが分かるが、10 分周期の値は間隙比の減少は進むがせん断弾性係数はほとんど増加していないことが分かる。②、③の試料でも若干ではあるが 10 分周期の値がせん断弾性係数の増加率が小さくなっていることが分かる。これより 10 分周期の実験では、圧密進行に伴い間隙比は減少し密になっているが、せん断弾性係数は増加しにくく、骨格構造の剛性は増加しにくくなることが明らかになった。これは 10 分周期という短い周期の繰返し荷重が載荷されることで、繰返し荷重の繰返し効果による構造の攪乱が起き、土粒子同士の固結が進まず、骨格構造の強度増加が発現しにくくなったのではないかと考えられる。また、定荷重と 100 分周期では荷重が変動する際の過剰間隙水圧がほぼ発生しないほどのゆっくりとした周期の繰返し荷重のため、繰返し効果があまり働かなかったのではないかと考えられる。

4. まとめ

本研究より、繰返し荷重作用時には繰返し周期が長いほど作用する有効応力の最大値が大きくなり、一次圧密時のひずみに大きな影響を与えていることが明らかになった。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。また繰返し周期が短いほど、間隙比の減少が同程度であってもせん断弾性係数は増加しにくく、土の骨格構造の強度増加が発現しにくくなることが明らかになった。

参考文献

- 1) 利藤房男, 大向直樹, 田中洋行, 田中政典: 大阪湾洪積粘土の圧密降伏応力付近での特殊な圧密挙動, 土木学会年次学術講演会講演概要集第 3 部 No.57, pp.725-726, 2002.
- 2) 川口貴之, 三田地利之, 渋谷啓, 佐野佑房: 室内ベンダーエレメント試験によるせん断弾性係数 G の評価, 土木学会論文集, III 巻 No.694, 195-207, 2001.
- 3) 地盤工学用語辞典改訂編集委員会: 地盤工学用語辞典, 社団法人地盤工学会, 2005.

表 3 二次圧密係数

試料番号	$C_{\alpha 1}$ (定荷重)	$C_{\alpha 2}$ (周期 10 分)	$C_{\alpha 3}$ (周期 100 分)
①	9.53×10^{-4}	1.43×10^{-3}	1.10×10^{-3}
②, ③	1.23×10^{-2}	2.69×10^{-2}	1.67×10^{-2}

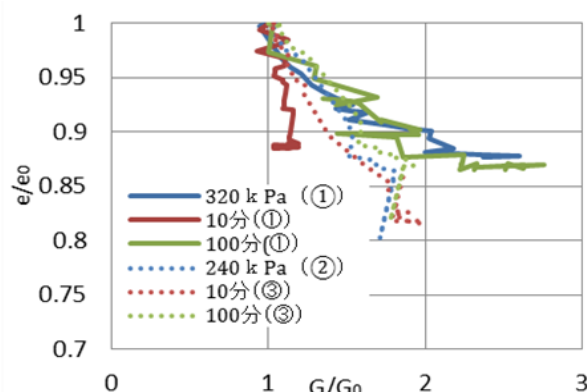


図 2 せん断弾性係数の増加率