

自然堆積粘土の圧縮性とせん断剛性に及ぼす荷重形態の影響

呉工業高等専門学校 学生会員 ○鹿瀬 宏希
 岡山大学大学院 学生会員 津國 遼太郎
 呉工業高等専門学校 正会員 森脇 武夫

1. はじめに

比較的大きな荷重を受ける洪積粘土地盤の圧密沈下や、交通荷重や地下水位の季節的变化などの繰返し荷重による沖積粘土地盤の長期沈下において事前予測を大きく上回る事例が報告されている¹⁾。この原因は、粘土の骨格構造が新たな荷重によって破壊されて大きな沈下が生じるが、この骨格構造の破壊現象を現在の圧密沈下予測で考慮できないことにある。そこで本研究では、繰返し荷重が土の骨格構造の変化と圧密に及ぼす影響を明らかにするため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。また繰返し荷重載荷試験では異なる荷重周期で行い、繰返し荷重の周期の違いによる粘土の骨格構造の変化に及ぼす影響について検討した。

2. 試料と実験方法

本実験で使用した不攪乱粘土試料の物理特性を表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状態とし、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。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/cm^3)とせん断波速度 V_s (m/s)を用いて $G = \rho_t V_s^2$ として算出した²⁾。

3. 結果と考察

(1)段階載荷時の状態について

図1は供試体を240kPaまで段階載荷した時のせん断弾性係数と圧密圧力の関係を示したものである。なお、160kPaまでは定荷重の段階載荷であるが、最終荷重段階はそれぞれ定荷重240kPa、10分周期と100分周期で最大値320kPa、最小値160kPa、平均値が240kPaとなる繰返し荷重を載荷した場合の測定値になっている。また紙面の都合上、図では表せなかったが、間隙比と圧密圧力の関係のグラフより圧密降伏応力 p_c は120~140kPa程度と評価できる。

既往の研究においては、圧密降伏応力を越えたところで一度せん断弾性係数は減少し、その後せん断弾性係数が急激に増加するという骨格構造の破壊現象がみられた³⁾。今回の実験では、圧密降伏応力である120~140kPa付近でもせん断弾性係数の減少はみられず、正規圧密領域に入るとせん断弾性係数が急激に増加する結果となった。よって、骨格構造の大きな破壊は起こらなかった、もしくはせん断弾性係数の測定は24時間ごとの段階載荷で行っているため、圧密降伏応力以上の荷重載荷直後の24時間後の測定の間骨格構造の再構築が進んでいたためとも考えられる。

(2)最終荷重段階における状態変化について

図2, 3, 4はそれぞれ定荷重と10分周期、100分周期の繰返し荷重の最終荷重段階での有効応力の時間的变化を示したものである。また、100分周期の実験において、非排水面側の供試体で水漏れが発生しており、排水面側と中間層の二つの供試体のみを用いて実験を継続したため、非排水面側のデータは得られなかった。

有効応力は、定荷重では単調に増加して経過時間約10000分ですべての層で全応力の240kPa程度で一定となるが、繰返し荷重では、周期的に増減を繰り返しながら全体として増加していき、平均値が240kPa程度で定常状態となった。また振幅の大きさは10分周期より100分周期のほうが大きく、周期的

表1 試料の物理特性

採取場所 深度	ρ_s (g/cm^3)	W_L (%)	W_p (%)	I_p
木江港 A 13.0~13.8	2.643	65.2	18.9	46.3
木江港 B 13.0~13.8	2.791	98.1	43.6	54.5

キーワード ベンダーエレメント, 繰返し圧密, 骨格構造

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工学分野 TEL0823-73-8478

に作用する有効応力の最大値は 100 分周期の方が大きくなった。これは粘土のように透水係数が小さいと排水に時間を要するため、10 分周期のような短い周期では排水が進まず、間隙水圧が残った状態で荷重が変動していくため、全応力が有効応力に転換されないが、100 分周期のような長い周期では排水が進み、全応力が有効応力に転換されたと考えられる。

有効応力の平均値と最大値を比較すると、平均値はどの荷重形態も約 240kPa で同程度あったが、最大値は定荷重 242.9kPa、10 分周期 301.2kPa、100 分周期 313.8kPa となった。これより総合的な有効応力の大小関係は「定荷重」<「10 分周期」<「100 分周期」となっていると考えられる。

図 5 は定荷重と 10 分周期、100 分周期の繰返し荷重の最終荷重段階の沈下量の時間的変化を示したものである。図 5 より、最終荷重段階の沈下量の大小関係は「定荷重」<「10 分周期」<「100 分周期」となっている。これは、総合的な有効応力の大小関係は「定荷重」<「10 分周期」<「100 分周期」ということが要因として考えられる。このことより、沈下量は有効応力の大きさが直接的に関係していると考えられる。

4. まとめ

ベンダーエレメント付きの分割型圧密試験機を用いた段階載荷試験より、繰返し荷重が自然堆積粘土の圧縮性とせん断剛性に及ぼす影響を考察した。

その結果、今回の実験では、骨格構造の破壊現象がみられなかった。また載荷周期が短いほど排水が進まず、間隙水圧が残った状態で荷重が変動していくため、全応力が有効応力に転換されにくい。沈下量の大小関係には、有効応力の大きさが関係すると考えられる。今後も交通荷重や潮位変動など周期が異なる場合の基礎データを得るため、異なる周期荷重で実験を重ねていく必要がある。

参考文献

- 1) 坂井晃, 陶野郁雄: 地下水位の季節的変動による地盤沈下, 繰返し応力を受ける地盤の変形に関するシンポジウム発表論文集, pp. 87-92, 1990.
- 2) 川口貴之, 三田地利之, 渋谷啓, 佐野信房: 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 卷 No.694, 195-207, 2001.
- 3) 森脇武夫, 金森悠: 圧密に伴う不攪乱自然堆積粘土の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講演集, pp.309-310, 2011

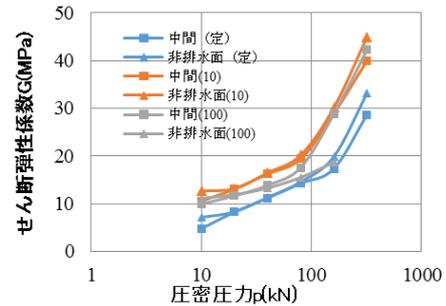


図 1 せん断弾性係数と圧密圧力の関係

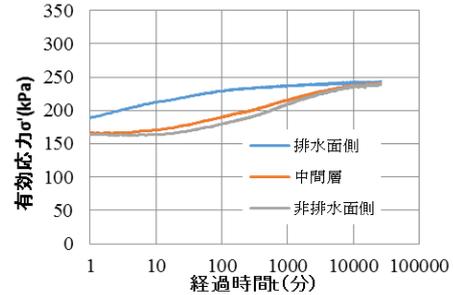


図 2 最終荷重段階の有効応力の時間的変化 (定荷重)

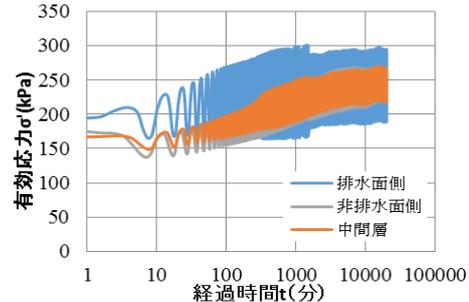


図 3 最終荷重段階の有効応力の時間的変化 (10 分周期)

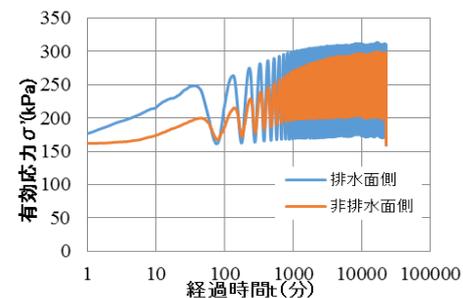


図 4 最終荷重段階の有効応力の時間的変化 (100 分周期)

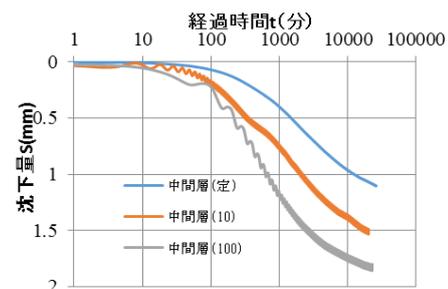


図 5 最終荷重段階の沈下量の時間的変化 (中間層)