

不攪乱粘土の振動圧密試験

山口大学工学部 正会員 松田 博
 山口大学大学院 学生会員 河原 慎一
 山口大学工学部 学生会員 浅野 記敬

1. まえがき

軟弱粘土層が、交通、地震、潮汐、波浪、機械振動、杭打ち、オイル貯蔵タンクのオイル注出入などによって繰り返し荷重を受けることは多く、その際、繰り返し荷重によって地盤に圧密沈下が起こるといった被害が生じることがある。しかし、これらの繰り返し荷重においては、その周期は、潮汐のように長周期のものから、機械振動のように短周期のものまで幅広い。このうち、潮汐、地下水の汲み上げといった場合、地盤は周期が1秒以上の比較的長周期の応力変動を受けることが多いが、その場合の圧密特性については、既の実験的、解析的研究が行われており、粘土層に繰り返し荷重が作用するとき、荷重が静的に作用するときより沈下量が大きくなることが示されている。一方、杭うち、機械振動といった場合では数10Hzの振動荷重が粘土層に作用する。しかし、このような高周波数の振動荷重を粘土層が受ける場合の圧密特性については未だ明らかにされていないことが多い。

既に、攪乱粘土については種々の粘土について、振動荷重の載荷時間、予圧密期間、及び荷重振幅が沈下量、間隙水圧消散に与える影響等について調べられている¹⁾²⁾。そこで、ここでは振動荷重を負荷することが可能な加振型一次元圧密装置を用いて、不攪乱粘土の静的荷重と振動荷重による圧密特性の相違について調べるとともに、粘土の種類及び振動荷重振幅が、沈下量、間隙水圧消散に及ぼす影響について調べた。

2. 供試体及び実験方法

本実験で用いた加振型一次元圧密装置の概略図をFig.1に示す。圧密容器は標準圧密試験機の容器に改良を加えたものである。実験中の排水は上面から行い、下面は非排水とした。加振機は、マグネットと重錘からなり、重錘の下部のコイルに所定の電圧を与えることにより重錘が振動し、その慣性力によって供試体に振動荷重が加わることになる。また、電圧とその周波数を変化させることで、種々の振動荷重を供試体に負荷することが可能である。振動荷重の波形はサイン波で、周波数は13Hzである。また、静的荷重の負荷はレバー載荷方式とし、標準圧密試験用重錘を用いた。さらに、供試体の温度変化の影響を除くために圧密容器は恒温水槽で温度を一定($15 \pm 0.5^\circ\text{C}$)に保った。

ここでは2種類の載荷方法で実験を行った。すなわち第1の方法では、まず供試体を片面排水状態にして、圧密は静的荷重 $\sigma_v = 39.2\text{kPa}$ で24時間、 78.4kPa で24時間行う。続いて間隙水圧計をセットし、3t法で求められる時間 t_v まで 156.8kPa で圧密し、その後静的荷重増加分 $\Delta\sigma_v$ ($156.8 - 78.4\text{kPa}$) および振動荷重 (片振幅 $\Delta\sigma_d$) を負荷した。また、第2の方法では、 $t_v = 0$ すなわち、 156.8kPa で圧密すると同時に、静的荷重増加分 $\Delta\sigma_v$ ($156.8 - 78.4\text{kPa}$) の0%、10%、15%、20%に相当する振動荷重 (片振幅 $\Delta\sigma_d$) を負荷した。今回の実験における載荷パターンを示したものがFig.2である。

実験で用いた試料は、不攪乱状態の有明粘土 ($G_s = 2.692$, $w_L = 115.6\%$, $w_p = 69.9\%$, $I_p = 45.7$) である。

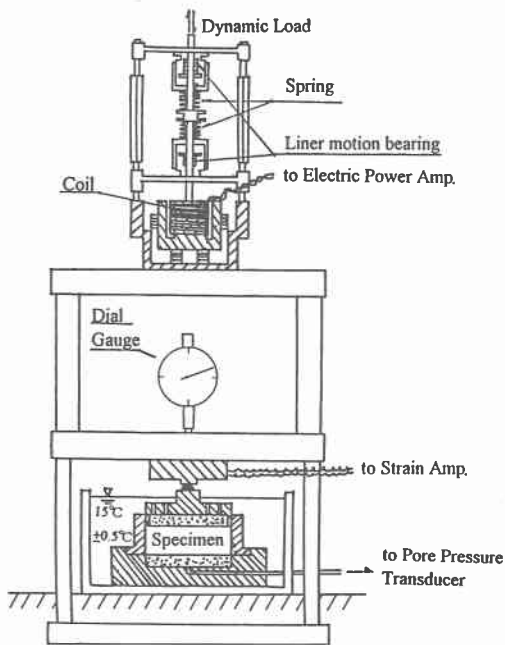


Fig.1

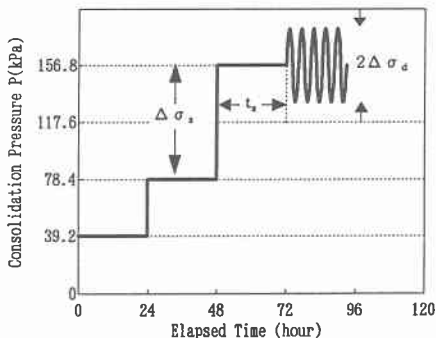


Fig.2

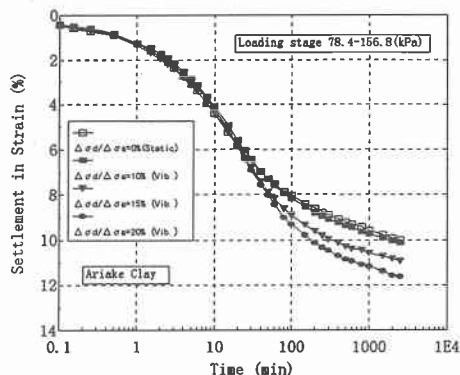


Fig.3

3.不攪乱粘土の振動荷重による圧密特性

Fig.3は $\Delta\sigma_d/\Delta\sigma_s=0\%, 10\%, 15\%, 20\%$ の場合の沈下ひずみ-時間関係である。 $\Delta\sigma_d/\Delta\sigma_s$ が大きいくほど、沈下ひずみは大きくなる傾向が見られる。Fig.4は振動荷重 $\Delta\sigma_d/\Delta\sigma_s$ と所定の時間経過後の沈下ひずみの関係を示したものであって、 $\Delta\sigma_d/\Delta\sigma_s$ が10%を超えると沈下ひずみは増加する傾向がみられる。

Fig.5は、 $\Delta\sigma_d/\Delta\sigma_s=0\%, 10\%, 15\%, 20\%$ の場合に得られた圧密度(間隙水圧)-時間関係を示したものである。いずれの場合も振動荷重負荷時の圧密は静的荷重(0%)による圧密より遅いことがわかる。

Fig.6は $\Delta\sigma_d/\Delta\sigma_s$ と圧密係数の関係を示したものであって、応力比の増加とともに圧密係数は減少する傾向がある。

Fig.7は静的荷重と振動荷重下での沈下ひずみ-時間関係を比較したものであって、 $\Delta\sigma_d/\Delta\sigma_s=20\%$ (振動)、 $+20\%$ (静的)、 $+20\%$ (静的、荷重載荷時 $3t$)、 -20% (静的)、 0% (静的)についての結果である。結果にばらつきはみられるが、振動荷重を加えると沈下ひずみは増加するが、 $\Delta\sigma_d$ に相当する荷重を静的に加えた場合の沈下ひずみに比べると小さいといえる。この点については既に同様の傾向が攪乱状態の粘土について得られている。したがって、粘土に10Hz程度の振動荷重を負荷した場合の沈下量は、振動荷重の片振幅に相当する荷重を静的に負荷した場合の沈下量に比べて小さいといえる。

4. まとめ

既に攪乱粘土について多くの振動圧密試験を行ってきたが、今回不攪乱粘土について同様の実験を行った。その結果、振動荷重を負荷した場合の沈下ひずみは、荷重振幅の増加とともに大きくなるが、振動荷重の片振幅に相当する荷重を静的に負荷した場合の沈下ひずみより小さいこと、また、応力比 $\Delta\sigma_d/\Delta\sigma_s$ の増加とともに圧密係数は減少することがわかった。

参考文献:

- 1) 松田、山崎: 振動荷重を受ける粘土層の圧密特性、土木学会第47回年次学術講演会、Ⅲ-228, pp.496-497, 1992。
- 2) Matsuda H.: Cyclic load consolidation tests with high frequency, Geotechnical Engineering Bulletin, Vol.3, No.1, 1994。

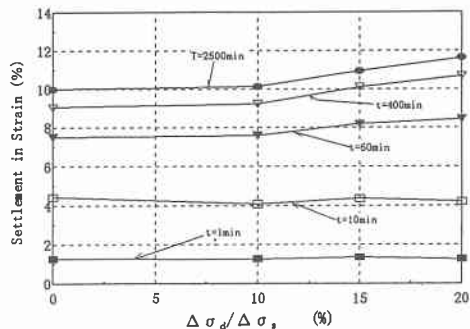


Fig.4

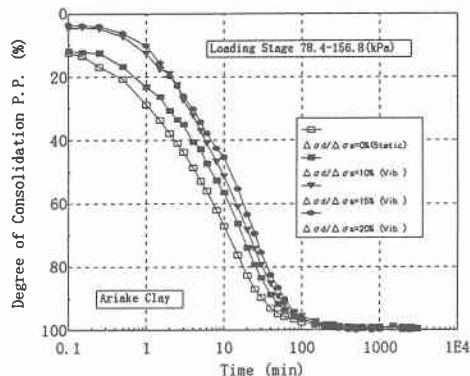


Fig.5

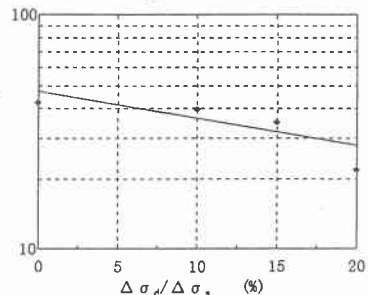


Fig.6

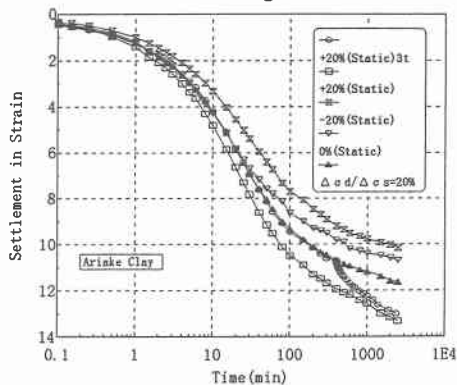


Fig.7