

振動荷重を受ける飽和粘土の圧密特性について

山口大学工学部 正会員 松田 博
山口大学大学院 学生会員 ○ 藤原 克久

1. まえがき

軟弱粘土層が地震、潮汐、波浪、交通、機械振動、杭打ち等によって繰返し荷重を受けることは多く、そのために地盤が沈下するといった被害が生じることがある。しかし、これらの繰返し荷重においては、その周期が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その範囲は広い。このうち、潮汐、地震、地下水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、既にTohno¹⁾、Fujiwara²⁾、松田³⁾等によって実験的あるいは解析的研究が行われている。

一方、杭打ち、機械振動といったケースにおいては、数 $10H_z$ 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が粘土に作用したときの圧密特性については未だ明かにされていないことが多い。また、現場と室内実験との排水時間の違いを考慮すると、高周波数の振動荷重による圧密特性を明確にする必要がある。そこで、ここでは $10\sim 30H_z$ の振動荷重を負荷することが可能な加振型一次元圧密試験装置を用い、粘土の静的荷重による圧密特性と振動荷重による圧密特性の相違について調べた。

2. 加振型一次元圧密試験装置

今回用いた加振型一次元圧密試験装置の概要を図-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。供試体は直径60mm、高さ20mmで、排水は上面から行い、下面は非排水とした。静的荷重の負荷はレバー載荷方式とし、振動荷重は加振機によって与えた。加振機は、図-1に示すように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により、種々の周波数の振動荷重を供試体に負荷できる。この場合、振動荷重の波形はサイン波である。なお、ここでは周波数を一定($f_w=11\pm 0.5H_z$)とし、振動荷重比 $\Delta\sigma_d/\Delta\sigma_s$ ($\Delta\sigma_d$: 片振幅振動圧密圧力、 $\Delta\sigma_s$: 静的荷重による圧密圧力増分) が $0\sim 0.40$ の場合について調べた。

実験中は供試体下面での間隙水圧と沈下量の測定を行った。また、静的荷重および振動荷重は載荷板の上部にあるロードセルによって測定し、オシロスコープ、ラピコダーで表示および記録した。また、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にて温度を一定($15\pm 0.5^\circ\text{C}$)に保った。

用いた試料は、山口県柳井市沖の海底から採取した粘土で、比重 2.642 、 $w_L=83.20\%$ 、 $I_p=39.60$ である。これらの粘土を $420\mu\text{m}$ のふるいで裏ごし後、真空容器で約30分間脱気したものを用いた。また供試体は、このスラリー状の試料を圧密容器に流し込み、圧密圧力 19.6kPa 、 39.2kPa 、 78.4kPa でそれぞれ6時間、6時間、12時間予圧密後、成形して作成した。予圧密後の含水比は約65%である。また、カオリン、ベントナイトを用い I_p の異なる粘土につ

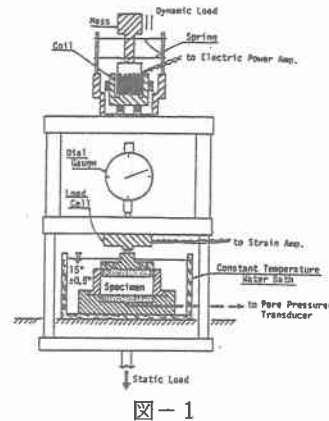


図-1

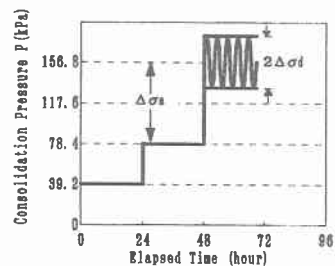


図-2

いての実験も行った。

3. 静的荷重及び振動荷重による圧密特性の比較

図-3は沈下-時間関係である。振動荷重を負荷する場合は、静的荷重(0)よりも沈下量は大きくなり、 $\Delta\sigma_d/\Delta\sigma_s$ が大きくなると沈下量も大きくなる傾向がみられる。また、図-4より塑性指数 I_p の大きい粘土ほど沈下量は大きくなる傾向がみられる。さらに、振動荷重負荷時の沈下量は静的荷重($\Delta\sigma_d + \Delta\sigma_s$)による沈下量の中間の値ではなく、それよりも大きくなる。

図-5は圧密度-時間関係である。振動荷重を負荷する場合は、静的荷重(0)負荷時よりも間隙水圧消散に遅れがみられる。さらに、振動荷重負荷時の圧密度は静的荷重($\Delta\sigma_d + \Delta\sigma_s$)負荷時の圧密度の中間の値ではなく、静的荷重($\Delta\sigma_d + \Delta\sigma_s$)負荷時の圧密度よりも小さい。一方、図-6において静的荷重($\Delta\sigma_d + \Delta\sigma_s$)負荷時の透水係数 k は振動荷重負荷時より常に大きく、また体積圧縮係数 m_v はほぼ一定である。一方、塑性指数 I_p ・活性度 A の大きい粘土ほど圧密係数 C_v は小さいという結果も得られている。さらに、振動荷重による二次圧密係数は静的荷重の場合よりも常に大きく、 $\Delta\sigma_d/\Delta\sigma_s$ が大きいほど大きくなる傾向が得られた。

4. まとめ

- 1) 静的荷重(0)に比べて振動荷重を負荷した場合、沈下量は大きくなり、 $\Delta\sigma_d/\Delta\sigma_s$ が大きいほど沈下量は大きく、振動荷重による沈下量は静的荷重($\Delta\sigma_d + \Delta\sigma_s$)の中間の値ではなく、さらに大きくなる。
- 2) 静的荷重(0)に比べて振動荷重を負荷した場合、圧密度は小さく間隙水圧消散は遅れ、 $\Delta\sigma_d/\Delta\sigma_s$ が大きいほど変化量は大きいが約100分経過後ではほぼ一致する傾向がみられる。さらに、振動荷重による圧密度は静的荷重($\Delta\sigma_d + \Delta\sigma_s$)による圧密度の中間の値でなく、静的荷重($\Delta\sigma_d + \Delta\sigma_s$)による圧密度よりも小さくなる傾向がみられる。
- 3) 透水係数 k は、静的荷重負荷時($\Delta\sigma_d + \Delta\sigma_s$)よりも振動荷重負荷時において常に小さく、体積圧縮係数 m_v がほぼ一定であることから、振動荷重負荷時の方が圧密終了時間が長くなる。また、振動荷重は粘土の二次圧密沈下にも影響する。

参考文献 1)Tohno I., Iwata S. and Shamoto Y., "Land

Subsidence Caused by Repeated Loading", Proc. of the 12th ICSMFE, pp. 1819-1822, 1989. 2)Fujiwara H., Ue S. and Yasuhara K., "Secondary Compression of Clay under Repeated Loading", Soils and Foundations, Vol. 27, No. 2, pp. 21-30, 1987. 3)松田 博, 清水 豊, モハド・ノル・シヤム, "層別計測にもとづく粘土の繰返し圧密機構に関する研究", 第25回土質工学会研究発表会講演概要集, pp. 391-394, 1990.

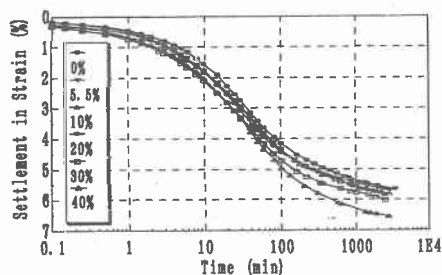


図-3

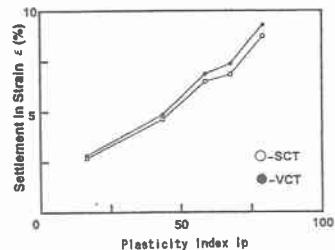


図-4

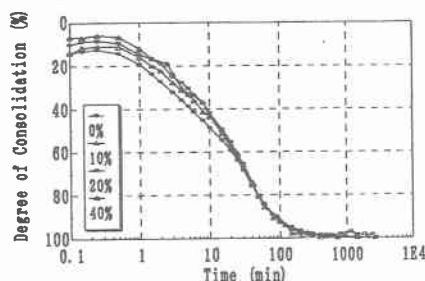


図-5

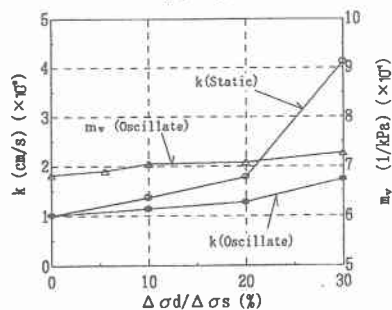


図-6