

層別計測型圧密試験機による粘土の繰返し圧密試験

山口大学工学部 正会員 松田 博
山口大学大学院 学生員 ○清水 豊

1. まえがき 地盤が潮汐あるいは地下水の汲み上げによる有効応力の変化や石油タンクのオイルレベルの変動による応力の変化などといった応力の変動を周期的に受けることは数多くみられるが、現場計測結果からその沈下特性は静的な荷重によって生じる圧密沈下特性とは異なる場合のあることが知られている。このような繰返し圧密機構を明らかにするために室内実験、理論的研究も多く行われているが、繰返し圧密時の粘土層内部の過剰間隙水圧あるいはひずみの時間的变化に関して実測値との対応まで考慮した例は少なく、いまだ明確にされていない点が多い。そこで、ここでは従来より用いている層別計測型圧密試験機に改良を加えて繰返し圧密試験を行い、載荷時および除荷時の粘土層内部の過剰間隙水圧、沈下・膨張ひずみの深さ方向の時間的变化を調べたので報告する。

2. 実験装置および実験方法 実験装置は従来より用いている層別計測型圧密試験機の載荷装置¹⁾に改良を加えたものである(図-1)。供試体は直径6cm、厚さ2cmの分割供試体を5個直列に管で連結したものであり、全体として層厚10cmの粘土について圧密試験を行うことになる。また、実験に用いた試料は有明粘土($G_s = 2.633$, $w_L = 118.4\%$, $w_p = 39.2\%$)である。

図-2は圧密圧力の経時変化を模式的に示したものである。まず各分割層ごとに両面排水とした上で荷重 $\sigma_0/2$ および σ_0 ($\sigma_0 = 98\text{kPa}$)で2段階予圧密を行った。載荷時間はそれぞれ24時間、6時間とした。その後層全体で片面排水条件とし、 $\Delta\sigma = 98\text{kPa}$ の繰返し載荷を行った。繰返し荷重の波形は矩形波で載荷周期は $T = 1000$ 秒(載荷期間 T_1 /除荷期間 $T - T_1 = 1$)とした。また実験中は恒温水槽で供試体の温度を一定($15 \pm 0.5^\circ\text{C}$)に保ち、各分割層の境界面での過剰間隙水圧、分割層の高さの測定を行った。なおバックプレッシャーとして98kPaを負荷した。

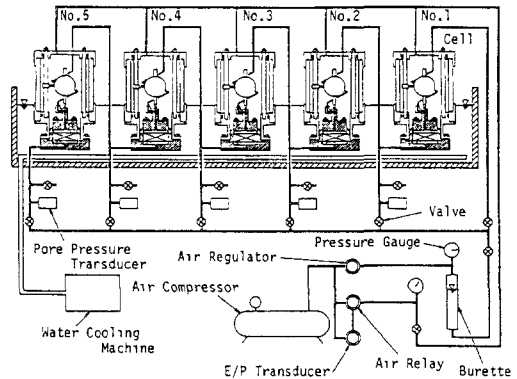


図-1

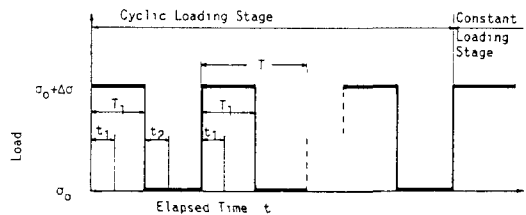


図-2

3. 実験結果および考察 図-3は層全体および各分割層の沈下曲線を示したものである。図中No.1は排水面側、No.5は非排水面側の層の結果を示している。沈下曲線は排水面側の層ほど振幅が大きくなっている。また $t = 6000 \sim 17000$ 分の部分はどの沈下曲線もほぼ平行になっているが、その大きさは排水面に近いほど大きく、深さ方向にある分布を持っている。このような傾向は静的載荷による層別計測型圧密試験でも得られている。図中には繰返し載荷によって得られる層全体の沈下曲線を点線で、また静的載荷によって得られる沈下曲線を破線で示している。両者を比較すると、5000分までの結果ではあるが静的載荷による沈下が繰返し載荷による沈下より大きくなるのがわかる。一方 $t = 17000$ 分以降の部分は繰返し載荷後に $\Delta\sigma$ を継続載荷させた結果である。非排水面側の沈下量が大きくなり沈下曲線が交差しているが、網千・松田³⁾による粘土の載荷-除荷-再載荷試験でも同様の傾向が得られている。

つぎに $Z/H=0.2$ での過剰間隙水圧の経時変化を示したのが図-4である。実線は実測値であり、点線はWilson²⁾の一次元繰返し載荷による圧密方程式を解いて得たものである。なお C_v としては標準圧密試験で得た値($C_v=0.174\text{cm}^2/\text{min}$)を用いた。図-4では実測値およびWilsonの解のいずれにおいても $\Delta\sigma$ の載荷・除荷に伴う過剰間隙水圧の変化が明確に見られ、その大きさはほぼ等しくなっている。しかし過剰間隙水圧の経時変化を見るとWilsonの解が実測値より速く減少している。

図-5、図-6はそれぞれ繰返し回数 $N=6$ サイクル、600サイクルでの過剰間隙水圧の深さ方向分布の時間的変化を示したものである。図中 t_1 は $\Delta\sigma$ の載荷の瞬間からの経過時間、 t_2 は除荷の瞬間からの経過時間である。また図中の実線は実測値、点線はWilsonの解である。 $N=6$ サイクルの場合、 $\Delta\sigma$ の載荷中の過剰間隙水圧の消散はそれほど小さくなく、除荷時の負圧も小さい。しかしWilsonの解では載荷時の過剰間隙水圧の消散が実測値より速く、また除荷時の負圧も大きい。 $N=600$ サイクルの場合、実測値およびWilsonの解いずれの曲線も左右対称になっている。なお層全体の沈下曲線より静的載荷と同様な方法で一次圧密終了時間を求めると、このときすでに一次圧密は終了している。

5. あとがき 以上のことからつぎのことが明らかとなった。

1) 繰返し載荷による層全体の沈下曲線と静的載荷による沈下曲線を比較すると一次圧密中においては静的載荷による沈下が卓越する。また、各分割層の沈下ひずみは繰返し回数が増加しても一樣にならず、深さ方向にある分布を持って沈下が進行する。

2) 標準圧密試験から求めた C_v を使うとWilsonの繰返し圧密の解は、実測値より速く進行する。

3) 深さ方向の過剰間隙水圧分布は繰返し回数によって大きく影響される。そして一次圧密終了時において $\Delta\sigma$ の載荷・除荷時の過剰間隙水圧分布は左右対称となる。

参考文献 1) Aboshi H., Matsuda H. and Okuda M.: Preconsolidation by Separate Type Consolidometer, 10th ICSNFE, pp.577-580, 1981. 2) Wilson, N. E. and Elgohary M. M.: Consolidation of Soils under Cyclic Loading, Cana. Geotech. J., 11, pp.420-423, 1974. 3) 網干寿夫, 松田 博: 層別計測による事前圧密工法の基礎的研究, 土木学会論文報告集, 340, 139~144, 1983.

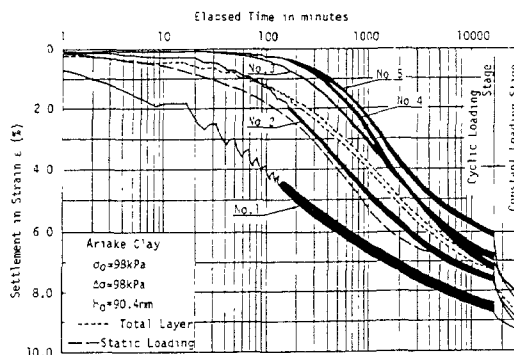


図-3

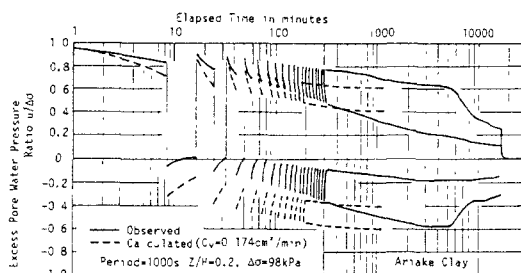


図-4

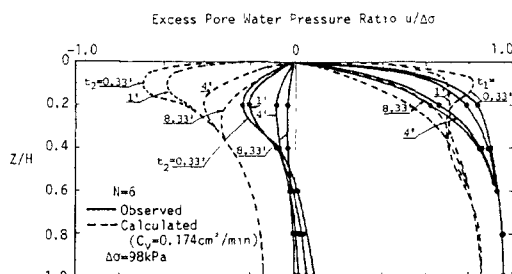


図-5

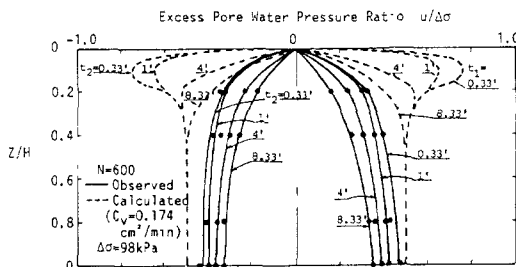


図-6