

繰返し圧密時の粘土の間隙水圧挙動

九州大学 工学部 学○河野貴穂 正 落合英俊
正 林 重徳 正 塚本良道

1. はじめに

周期的に変化する荷重応力によって生じる圧密現象を繰返し圧密という。圧密過程においては、粘土に作用している有効応力を捉えるために、間隙水圧の把握が必要である。しかし繰返し圧密においては、粘土層内部で間隙水圧が静的圧密とは異なった分布をしているため、有効応力を正確に捉えにくい。そこで本研究では、粘土層内部の間隙水圧とひずみの計測が可能な分割型圧密試験装置を用いた試験を行い、間隙水圧分布の変化に着目し、繰返し圧密における有効応力の評価を試みるものである。

2. 試験方法

試料には有明粘土($\rho_s=2.633$ g/cm³, $I_p=79.2$, $w_L=118.4\%$)を用いた。250 μ mのふるいを通過させた試料を含水比200%で繰返し、圧密応力0.5 kgf/cm²で1ヶ月間一次元的に予圧密した。各分割層の供試体は、予圧密した試料を直径6cm、高さ1cmに切り出して作製した。

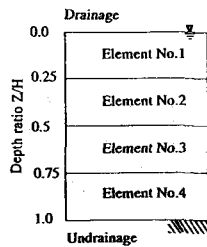


図-1 試験の模式図

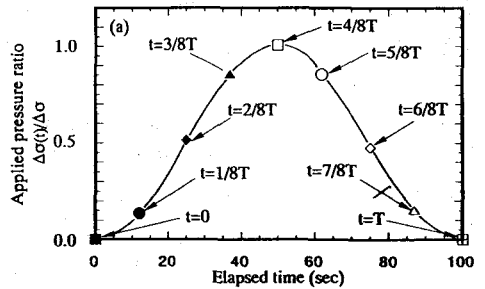


図-2(a) 荷重応力の波形

試験は、まず鉛直応力 $\sigma_v=$

0.8 kgf/cm²を荷重し、各分割層ごとに片面排水状態で24時間静に圧密した。その後層全体として片面排水状態(図-1)とし、応力増分 $\Delta\sigma=0.8$ kgf/cm²、周期 $T=10, 50, 100$ secの三種類の片振り正弦波を負荷した。なお、分割型圧密試験装置の詳細は、文献1)を参照頂きたい。

3. 試験結果および考察

図-2は周期 T が100秒の荷重応力の波形と荷重回数 N が1と300のときの間隙水圧比の深さ方向の分布を示したものである。 $N=1$ において、1サイクルの中で荷重応力が増加する範囲($0 \leq t \leq 4/8T$)では、間隙水圧は排水面で最小になり、排水面からの距離が遠くなるほど大きい。しかし荷重応力が減少する範囲($4/8T \leq t \leq T$)では、粘土層内部で最小となり、負の間隙水圧が発生している($7/8T \leq t \leq T$)。このような間隙水圧の分布が繰返され、 $N=300$ のときのような分布になる。静的圧密において間隙水圧が完全に消散する時間に相当する $N=300$ では、間隙水圧は0にはなっておらず、ある傾きを持ったまま変化している。 $N=300$ における1サイクル中の任意の時点における分布の形状と、それより半周期時間が経過したときの形状は中心線をはさんで対称である。これは各分割層ごとに、1つのサイクル

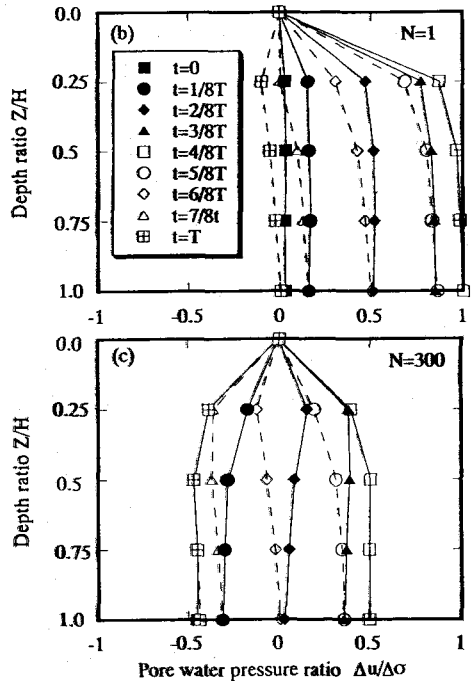


図-2(b)・(c) 間隙水圧比の分布

における間隙水圧の変化量が等しくなっているためである。つまり過剰間隙水圧の消散に伴う圧密は終了し、定常状態に達していると考えられる。

そこで繰返し圧密における有効応力を1つのサイクルを平均して考える。図-3は静的圧密と繰返し圧密における載荷応力と過剰間隙水圧の経時変化を示したものである。斜線の部分はそれぞれの有効応力と考えることができる。静的圧密においては、載荷応力が一定であるため過剰間隙水圧は徐々に減少し、それに伴い有効応力は増加していく。一方、繰返し圧密においては載荷応力は変化するが、1サイクルごとの載荷応力に対する過剰間隙水圧は減少し、有効応力は増加する。時間が経過し、静的圧密において過剰間隙水圧が完全に消散した以降も繰返し圧密では間隙水圧が載荷応力と同じ周期で変化している。以上のような現象を説明するため静的圧密における任意の時刻の有効応力比を次式で定義する。

$$R_s = \frac{\sigma'_{static}(t)}{\sigma} = \frac{\sigma - u(t)}{\sigma} \quad (1)$$

また同様に繰返し圧密における任意の載荷回数Nの平均の有効応力比を次式で定義する。

$$R_c = \frac{\bar{\sigma}'_{cyclic}(N)}{\sigma} = \frac{\int_0^T (\sigma(t) - u(t)) dt}{\int_0^T \sigma(t) dt} \quad (2)$$

T: 載荷周期

図-4は式(1)、(2)で定義された静的圧密と繰返し圧密における平均有効応力比 R_s, R_c の経時変化を、各分割層ごとに示したものである。本研究の荷重条件の場合、平均有効応力比の経時変化は載荷周期に影響されず、また静的圧密と繰返し圧密においても同じである。よって静的圧密の有効応力比と繰返し圧密の平均有効応力比が一定となるまでに要する時間はほぼ同じであると言える。

4. まとめ

繰返し圧密時の粘土層内部の間隙水圧分布の変化が分かった。これより繰返し圧密の有効応力を1サイクルを平均して考えた場合、静的圧密の挙動と同じである。

【参考文献】

1) 梅崎ら(1993), 土木学会西部支部研究発表会, pp. 596-597.

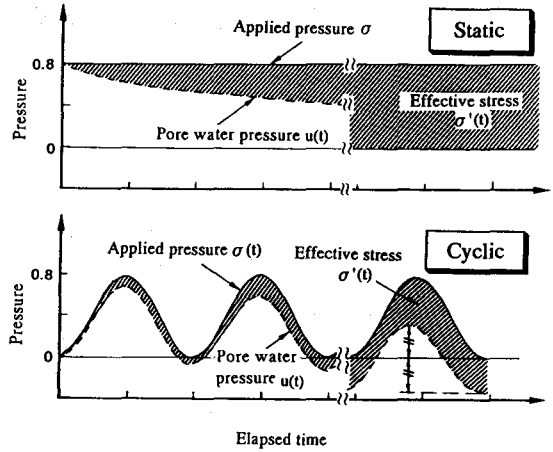


図-3 静的圧密と繰返し圧密の比較

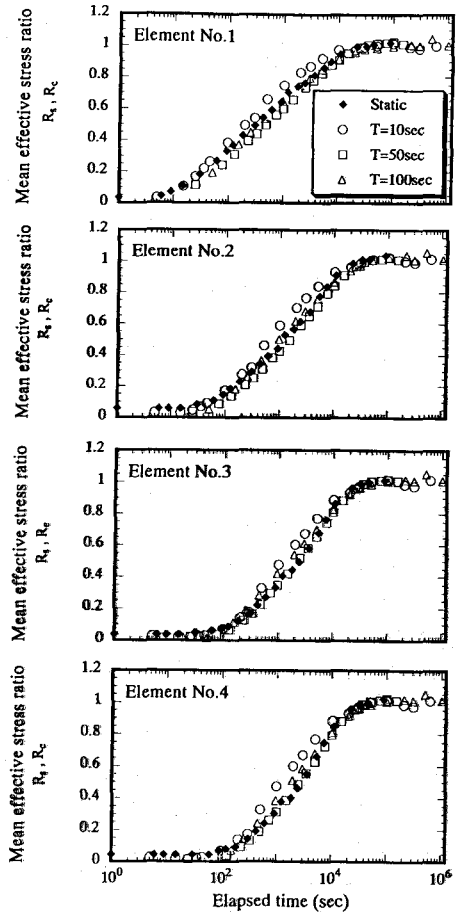


図-4 有効応力比の経時変化