

繰返し応力を受ける粘土の沈下量の評価

九州大学 工学部 学○河野貴徳 正 落合英俊 正 安福規之
正 大嶺 聖 正 塚本良道

1.はじめに：周期的に変化する載荷応力によって生じる圧密現象を繰返し圧密と呼ぶ。繰返し圧密過程では、間隙水圧が発生しその消散にともない体積変化が生じるが、粘土内では間隙水圧ならびにひずみが複雑に分布している。本文は、粘土内のそれらの分布特性を把握するために、分割型試験装置を用いて繰返し圧密試験を行ない、得られた試験結果に基づき繰返し圧密における沈下量の評価を試みたものである。

2.試験方法：試料には有明粘土 ($I_p=79.2$ 、 $W_L=118.4\%$ 、 $\rho_s=2.627\text{g/cm}^3$)を用いた。250 μm 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49kPaで1ヶ月間、1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に切り出して作成した。

試験は図-1に示すように、まず鉛直応力 $\sigma_0=78.4\text{kPa}$ を載荷し、各分割層ごとに片面排水状態で24時間静的に圧密した。24時間後には1次圧密が完全に終了し、2次圧密が進行している状態である。その後、層全体として片面排水状態(図-2)となるように連結し、応力増分 $\Delta\sigma=78.4\text{kPa}$ 、周期 $T=10$ 、50、100、500、1000secの5種類の片振り正弦波を付加した。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。

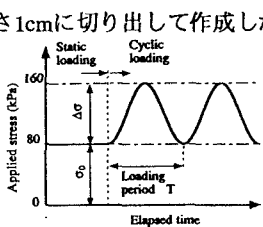


図-1 荷重条件の模式図

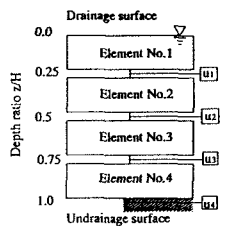


図-2 供試体の排水条件の模式図

3.繰返し圧密挙動：図-3および図-4は載荷周期が100secであり、1サイクルにおいて載荷応力が最大となったとき(以後最大応力点と呼ぶ)の間隙水圧ならびに間隙比の変化量の経時変化を深さ比(z/H ：図-2参照)ごとに示したものである。また、図-5は最大応力点における層全体の間隙比の変化量の経時変化を載荷周期ごとに示したものである。間隙水圧は時間が経過しても完全には消散せず一定の値に至り、このときの値は深さ比に依存している。また間隙比の変化においては、間隙水圧が一定値に至った以降は $\log t$ 座標に対して直線的に減少していく。このような状態をここでは定常状態と呼ぶことにする²⁾。定常状態においては、載荷周期が大きくなるほど生じている間隙比の変化量(減少量)は大きくなる傾向を示す。図-6は定常状態における粘土内の間隙水圧の分布を示したものであるが、分布の形状は載荷周期に依存している。間隙水圧の分布の違いが図-5のような載荷周期による間隙比の変化量の違いを与えていると考えられる。図-7は載荷回数が1回目のときの間隙水圧に対する定常状態の間隙水圧の比を示したものである。載荷

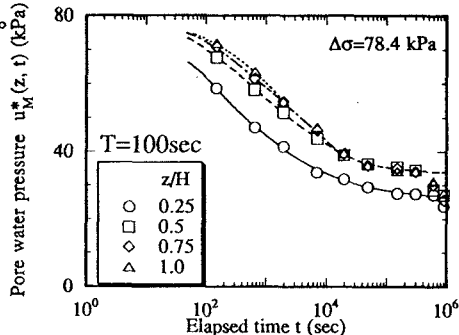


図-3 間隙水圧の経時変化

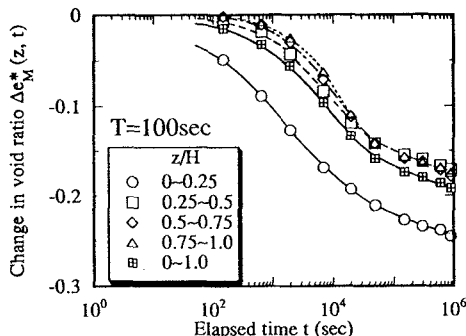


図-4 間隙比の変化量の経時変化

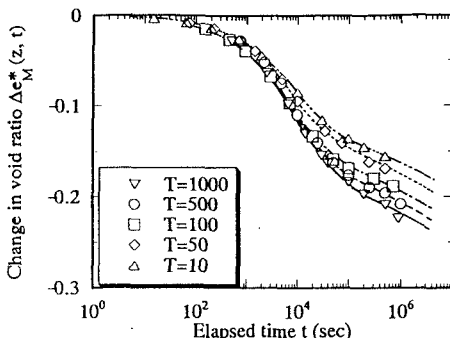


図-5 間隙比の変化量の経時変化
(載荷周期毎)

周期や深さ比によらずほぼ一定の値を示し、本試験に用いた試料においてその値は約0.5である。よって定常状態における間隙水圧は載荷回数が1回目の間隙水圧の実測値を利用すると次式で表わされる。

$$u_M^*(z, t=t_{ss}) \approx 0.5 \times u_M^*(z, t=T/2) \quad (1)$$

ここで $u_M^*(z, t=t_{ss})$: 定常状態における最大応力点の間隙水圧、
 $u_M^*(z, t=T/2)$: 載荷回数が1回目の時の最大応力点の間隙水圧である。

4. 評価法の提案 : ここでは定常状態に至ったときの間隙比の変化量の評価を行う。静的圧密においては、応力増分 $\Delta\sigma$ を与えたときの24時間後の間隙比の変化量は $e-\log\sigma'$ 直線関係を利用し次式で求められる。

$$\Delta e_{24} = C_c \log \frac{\sigma_0 + \Delta\sigma}{\sigma_0} \quad (2)$$

ここで C_c : 圧縮指数、 σ_0 : 初期応力である。静的圧密においては、24時間後には間隙水圧は完全に消散しているため、すべての応力増分は有効応力に変換されている。しかし繰返し圧密においては、間隙水圧が完全に消散していないため、すべての応力増分が有効応力に変換されているわけではない。そこで、繰返し圧密において定常状態における有効応力増分 $\Delta\sigma_M^*(z, t=t_{ss})$ を次式で表わすことを考える。

$$\begin{aligned} \Delta\sigma_M^*(z, t=t_{ss}) &= \Delta\sigma - u_M^*(z, t=t_{ss}) \\ &= \Delta\sigma - 0.5 \times u_M^*(z, t=T/2) \end{aligned} \quad (3)$$

繰返し圧密における圧縮指数は静的圧密におけるそれと等しいと考え、(2)式と(3)式を合わせ定常状態における間隙比の変化量を次式で表わすことを提案する。

$$\begin{aligned} \Delta e_M^*(z, t=t_{ss}) &= C_c \log \frac{\sigma_0 + \Delta\sigma_M^*(z, t=t_{ss})}{\sigma_0} \\ &= C_c \log \frac{\sigma_0 + (\Delta\sigma - 0.5 \times u_M^*(z, t=T/2))}{\sigma_0} \end{aligned} \quad (4)$$

ここで $\Delta e_M^*(z, t=t_{ss})$: 定常状態における間隙比の変化量である。

5. 評価法の検証 : 図-8は定常状態における間隙比の変化量の実測値と(4)式により求めた計算値との比較を行なったものである。載荷周期が小さい場合はかなり過大に見積もる傾向がある。これは定常状態における間隙水圧を過小に評価しているためだと考えられるが、試験上の問題などと合わせてさらに検討する必要がある。しかし層全体として考えた場合、本評価法は実験結果をうまく表していると考えられる。

6. まとめ : 分割型圧密試験装置を用いて粘土内の間隙水圧ならびにひずみの分布の計測を行なった。得られた試験結果を踏まえ、定常状態における間隙比の変化量を求めた。その結果、載荷回数が1回目の間隙水圧の分布を利用することにより、繰返し圧密における間隙比を良好に評価することができた。

【参考文献】1)梅崎ら：粘土の分割型繰返し一次元圧密試験、土木学会西部支部研究発表会、pp.596-597、1993。 2)河野ら：繰返し圧密における間隙水圧、第49回土木学会研究発表会、pp.256-257、1994。

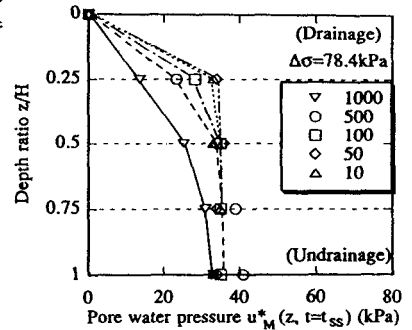


図-6 定常状態における間隙水圧の分布

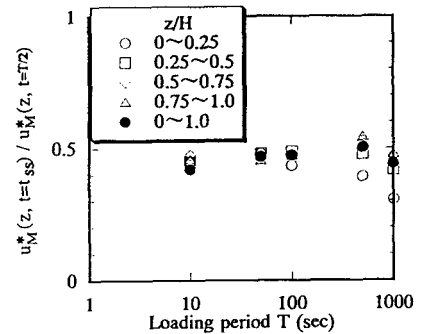


図-7 間隙水圧の比

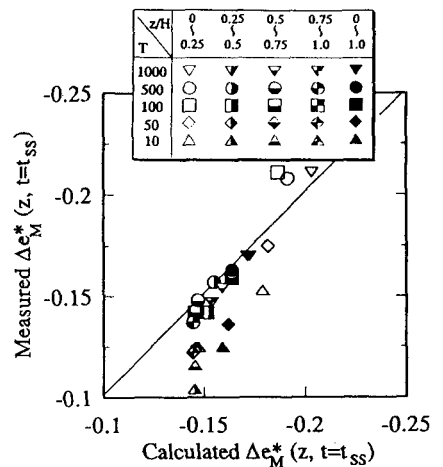


図-8 計算値と実測値の比較