

一次圧密中の粘土のクリープに関する一考察

山口大学（正）松田博、（正）白元珍、（学）白宋和

1. まえがき 粘土の骨格が弾性体で、また透水性に関してダルシーの法則他多くの諸条件が成立つとすると一次圧密時の沈下時間関係は Terzaghi の圧密理論で予測できるが、実際の粘土層の沈下実測値は異なっている。Ladd 等¹⁾は多くの圧密現象についての基本的な考え方として、仮定 A と仮定 B に分類した。仮定 A においては一次圧密終了時のひずみは層厚にかかわらず一定とするもので、仮定 B では一次圧密中にクリープによる沈下が生じとするものである。一方、Mesri はさらに粘土層の沈下に関して、次式を提案した。

$$\int_0^t \frac{\partial e}{\partial t} dt = \int_0^{t_p} \left[\left(\frac{\partial e}{\partial \sigma'} \right)_t \frac{d\sigma'}{dt} + \left(\frac{\partial e}{\partial t} \right)_{\sigma'} \right] dt + \int_{t_p}^t \left(\frac{\partial e}{\partial t} \right)_{\sigma'} dt \quad (1)$$

右辺第 1 項は一次圧密中の沈下をあらわし、第 2 項は二次圧密をあらわしている。一次圧密中においては、 $(\partial e / \partial \sigma')_t$ と $(\partial e / \partial \sigma')_{\sigma'}$ が同時に生じるのに対して、二次圧密中は $(\partial e / \partial \sigma')_{\sigma'}$ によって沈下が生じる。式(1)は、Ladd が示した仮定 B に対応するが、特に一次圧密中においては排水に伴う沈下とクリープによる沈下が同時に生じることから、 $(\partial e / \partial \sigma')_t$ と $(\partial e / \partial \sigma')_{\sigma'}$ を分離することは容易ではなく、簡便な測定方法は提案されていない。本報告では、その試みとして、層別計測型圧密試験を用いた実験結果をもとに一次圧密中のクリープを分離する試みを行った。

2. 一次圧密中の沈下に及ぼすクリープの影響 一次圧密中に生じる沈下を、クリープに起因した沈下と排水に伴う沈下に分離することは容易ではないが、そのひとつの手法として、非排水状態にある粘土層に荷重を負荷すると、クリープによって間隙水圧が上昇する点に着目した。図-1 (a) は攪乱した有機質土 ($\rho_s=2.161\text{g/cm}^3$, $w_L=245.1$, $I_p=167.2$, $L_i=70.0$, $C_c=3.40$) の供試体 ($H=100\text{mm}$, $D=60\text{mm}$, 分割数=5) について、排水状態および非排水状態にて瞬時載荷して得た過剰間隙水圧および沈下ひずみと経過時間の関係を示したものである。また、図-1 (b) は不攪乱状態の同じ有機質土についての結果である。非排水状態での載荷は約 1 週間行い、その後排水を行った。図-1 (a) (b) いずれにおいても、非排水載荷中沈下は生じていない。一方、過剰間隙水圧は荷重増分 $\Delta \sigma = 78.4\text{kPa}$ の 1.5 倍程度まで上昇している。排水開始後は過剰間隙水圧の消散とともに沈下が生じている。

図-2 (a) (b) は、非排水載荷後の排水に伴って生じる沈下と時間の関係を示したものである。不攪乱ピートの沈下量は不攪乱ピートの沈下量より大きく、また非排水載荷後の沈下は、非排水期間中にクリープが先行して生じるために大きい沈下が生じている。図-3 (a) (b) は過剰間隙水圧の消散過程を示したものである。非排水載荷中に荷重増分の約 1.5 倍まで蓄積した過剰間隙水圧の消散は、非排水載荷を伴わない場合に比べて速く、また不攪乱ピートは攪乱ピートに比べて速くなっている。不攪乱ピートの消散が速いのは、骨格が乱されていないため、大きい透水係数が維持されるためである。

図-4 は攪乱試料について、非排水載荷を伴わない場合のひずみ速度と経過時間の関係を示したものである。図

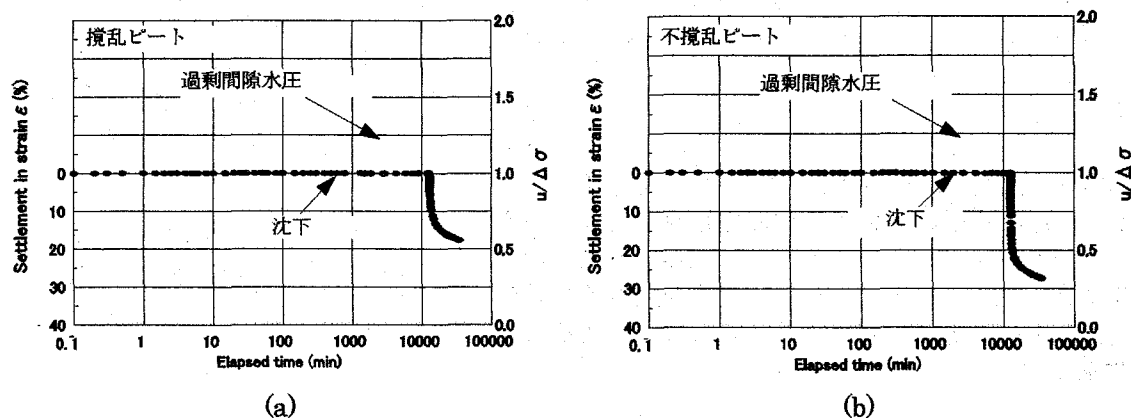
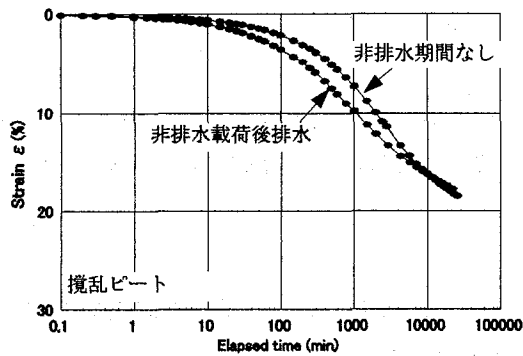
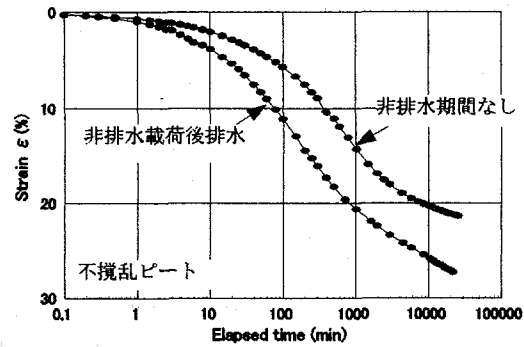


図-1 非排水載荷によって生じる過剰間隙水圧と間隙水圧消散に伴う沈下³⁾

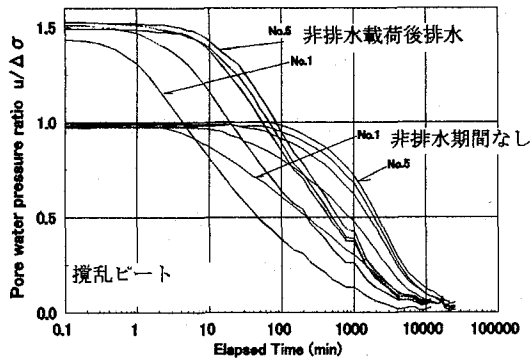


(a)

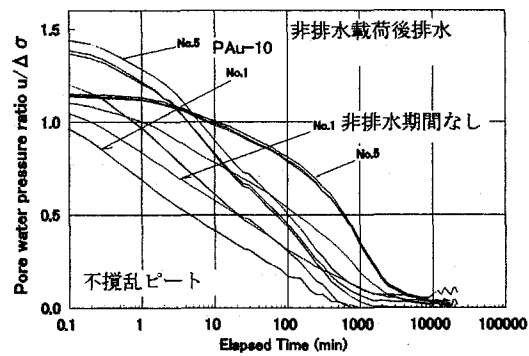


(b)

図-2 一次圧密中に生じるクリープが沈下-時間関係に及ぼす影響³⁾



(a)



(b)

図-3 (a) (b) 過剰間隙水圧の消散過程 (層別計測結果)³⁾

中の直線は $\log(\dot{\epsilon}) = \log(0.43\epsilon_a) - \log t$ (2) で得られる。ここに $\dot{\epsilon}$ はひずみ速度であり、 ϵ_a は二次圧密係数である。図-4 においては式(2)で得られる直線によって、一次圧密も含めた全圧密過程での二次圧密を示している。同図には、Yin によって提案されたモデル²⁾を用いた曲線も示している。Yin のモデルによる結果と実測値を比較すると、圧密初期は、実測値が大きくなっているが、その後はよく一致しており、最終的に式(2)であらわされる直線に収束している。

3. まとめ 一次圧密中に生じる粘土のクリープが沈下に及ぼす影響を明確にするために、攪乱および不攪乱ピートについて層別計測型圧密試験を行った。特に、非排水状態にて载荷を行って、過剰間隙水圧の増加を測定することによって一次圧密中のクリープを排水に伴う沈下と分離することを試みた。

- 参考文献** 1) Ladd C. C. et al.: Stress-deformation and strength characteristics, Proc. 9th ICSMFE, 421-494, 1977.
 2) Yin J. H. et al.: Elastic visco-plastic modeling of one-dimensional consolidation, Geotechnique, 46, No.3, 515-527, 1996.
 3) H. Matsuda et al.: Effects of creep deformation on the settlement-time relation of clay. Proc. of the Geotech-Year 2000, Developments in Geotechnical Engineering, pp.193-202, 2000.
 4) 松田博 他、: クリープが粘土の一次圧密領域における沈下に及ぼす影響、第 36 回地盤工学研究発表会、119, pp. 233-234、2001. 6.

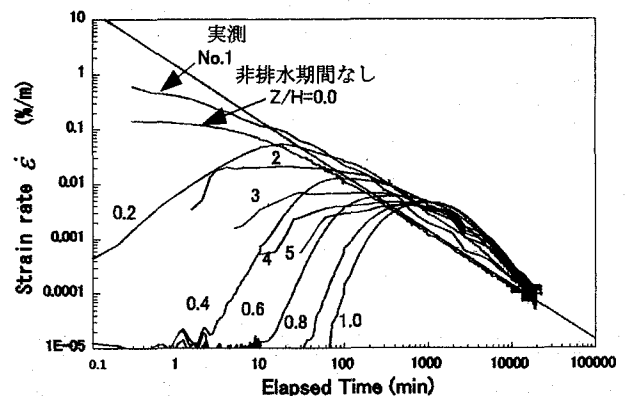


図-4 ひずみ速度-時間関係⁴⁾