

クリープ荷重を受けた飽和粘土の非排水せん断特性について

○ 琉球大学 正 原 久夫
琉球大学 正 上原 方成
琉球大学 学 下地 浩之

1.はじめに 軟弱粘土の時間依存性挙動には、せん断過程でのひずみ速度効果、応力緩和挙動などがあるが、非排水クリープ現象もその代表的現象のひとつである。飽和粘土の非排水クリープに関する研究には、クリープ強度あるいはそれ以上のクリープ応力が載荷された場合の破壊時間の推定、最小ひずみ速度とクリープ応力との関係等のようにクリープ強度以上での破壊を中心としたものが多い。本研究では、破壊に至らない程度のクリープ応力が作用する場合の非排水クリープ挙動、並びにその後の定ひずみ非排水せん断挙動を調べてみた。以下にその結果を述べる。

2.実験方法 実験に使用した粘土は、島尻粘土(表-1)である。表中の α は一次元圧密における二次圧密速度を対数ひずみ速度で表したものである。

島尻粘土を液性限界の2倍以上の含水比で十分に練り返した後、 $\sigma_z = 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ の圧密圧力で K_0 圧密したものを供試体として使用した。

本実験において供試体がたどるストレスパスを図-1に示す。B→Aが非排水クリープ過程、A→Fが非排水せん断過程である。クリープ過程においてある基準のひずみ速度(本実験の場合、 $\dot{\gamma} = 2E-5/\text{min}$)に達したところを便宜的にクリープの終了点とし、その後ひずみ速度 $0.1\%/\text{min}$ で非排水三軸圧縮試験を行った。クリープ応力を q_1, q_2, q_3 と変化させて実験を行い、クリープ終了点 A_0, A_1, A_2, A_3 。線とCSLとの交点Eの縦距をもって非排水クリープ強度 $q_{c,cr}$ とした。後述するように島尻粘土の場合、 $q_{c,cr}/p_0 = 0.67$ となる。

表-2に具体的な実験条件を、表-3に結果を示す。図表中において、 $q_c, q_f, \Delta u_c, \Delta u_f$ 等は、各々クリープ終了時、破壊時における諸値を表す。等方圧密圧力は $p_0 = 2 \text{ kgf/cm}^2$ に統一して実験した。また間隙水圧係数 A_c, A_f はそれぞれ次式で定義した。

$$A_c = \frac{\Delta u_c}{q_c} \quad A_f = \frac{\Delta u_f}{q_f}$$

表-2 実験条件一覧表

Test NO.	Type	q_c/p_0	$\dot{\epsilon}_a \text{ \%}/\text{min}$
S7NC0001	CIU	—	0.092
S7NC0004	CCU	0.0	0.12
S7NC0201	CCU	0.152	0.12
S7NC0502	CCU	0.381	0.12
S7NC0801	CCU	0.607	0.12

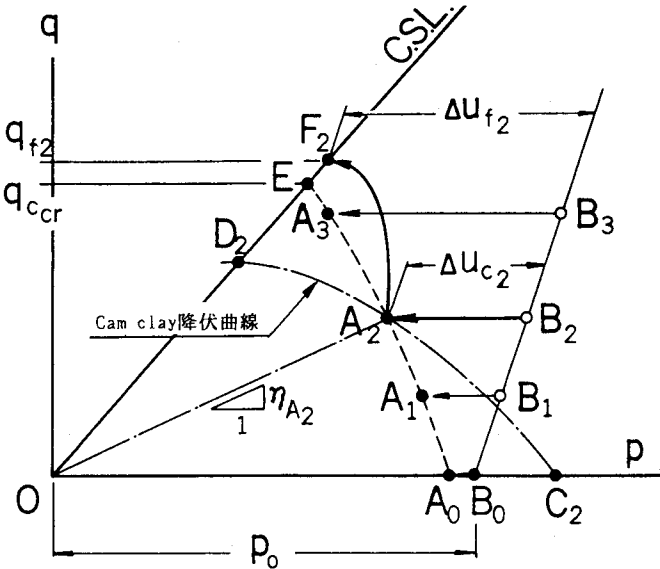
図-1 非排水クリープ～非排水せん断過程有効応力経路説明図

表-3 結果一覧表 (島尻粘土: $p_0 = 2.0 \text{ kgf/cm}^2$)

Test NO.	記号	$\Delta u_c/p_0$	A_c	η_A/M	$\Delta u_f/p_0$	η_f	A_f
S7NC0001	—	—	—	—	0.631	1.21	0.846
S7NC0004	—	0.037	—	0.0	0.577	1.12	0.760
S7NC0201	○	0.124	0.816	0.143	0.619	1.18	0.838
S7NC0502	△	0.304	0.798	0.402	0.624	1.22	0.802
S7NC0801	□	0.505	0.832	0.809	0.590	1.18	0.736

表-1 島尻粘土の諸特性値

比重	2.78
w _L	60%
P _L	28%
粘土分	52%
シルト分	41%
砂分	7%
M _z	1.15
λ	0.170
α	0.026
	3.2E-3%/min



なお $q_c = 0$ の場合は、 p_0 でいったん24時間の等方圧密をした後、改めて非排水状態として一日置いて非排水せん断したものである（図-1：B₀→A₀経路）。

3. 結果と考察 図-2, 3に非排水クリープされた粘土供試体の応力～ひずみ関係を示す。図中の印点は最大偏差応力で定義した破壊時を表している。図-2は、等方圧密終了点を基準とした偏差応力～せん断ひずみ関係である。図-3は、クリープ終了点を基準としたもので、終了点からの偏差応力増分～せん断ひずみ増分の関係である。図-2にはクリープ終了点を結んだ曲線（破線）とひずみ速度0.092%/minでの非排水せん断試験で得られた曲線も描いてあるが、クリープ終了点を結んだ曲線のほうが非排水せん断試験の曲線よりさらに下側に位置することがわかる。

Kavazanjian & Mitchell¹⁾は、クリープされた粘土の非排水せん断における応力ひずみ曲線の初期勾配は急であることを示したが、ここでもその傾向が認められる。特にクリープ荷重が大きい場合、新たな荷重増分に対し、ほんのわずかなひずみで最大強度に達し、その後急激な軟化現象を示す。実際の現場においても同様の挙動を示すと思われるので、この点に関し十分な注意が必要であろう。

図-4は、非排水クリープ過程から非排水せん断破壊に至るまでのストレスパスを示したものである。クリープ過程でCIU試験のストレスパスよりも内側に入り込んだ応力点は、非排水せん断過程でCIU試験のストレスパスより外側に出る。この傾向はクリープ応力が大きくなるほど顕著となっている。クリープ終了時の応力点を結ぶ線は、上に凸の曲線となる。その線を外挿しCSLとの交点を定めると、その点は等方圧密圧力 p_0 に対応するクリープ強度点を表し、その縦距は非排水クリープ強度 $q_{c,cr}$ となる。島尻粘土の場合 $q_{c,cr}/p_0 = 0.67$ となっている。

また、クリープ荷重を受けた粘土の非排水せん断挙動は、クリープ終了点と同じ応力比で異方圧密された粘土の非排水せん断強度挙動²⁾と非常に良く似ていることが挙げられる。

参考文献：1) E. Kavazanjian & J. K. Mitchell (1980), ASCE, 106-GT6: 2) 原, 上原, 第22回土質工学会

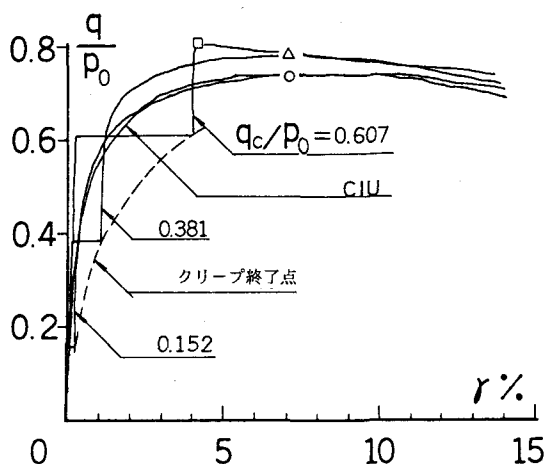


図-2 等方圧密終了点を基準にした応力～ひずみ関係

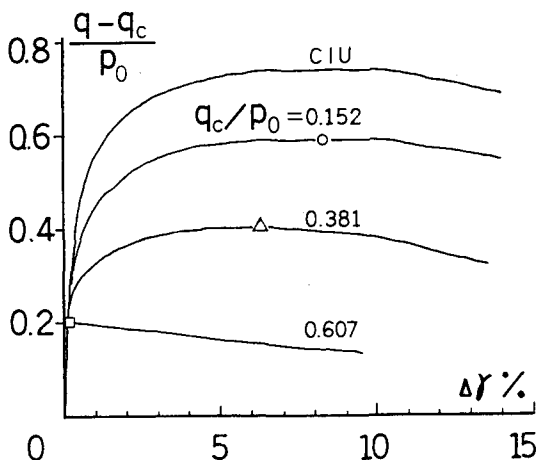


図-3 せん断開始点を基準にした応力～ひずみ関係

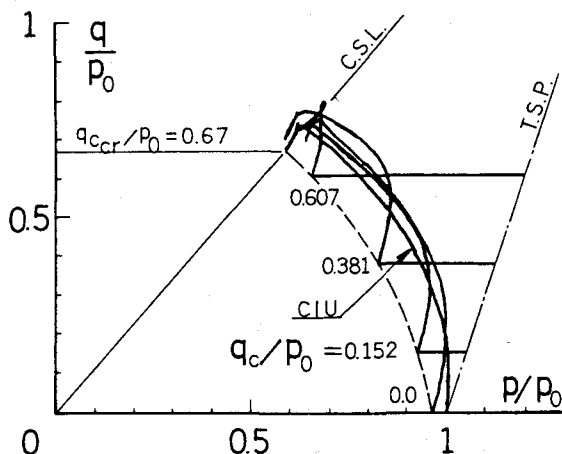


図-4 非排水クリープ～非排水せん断ストレスパス