

III-75

せん断応力一定の下で間隙水圧を増加させた場合の粘性土のせん断特性

横浜国立大学工学部

今井 五郎 ○片桐 雅明

//

佐藤 太 吉原 俊治

I. はじめに

筆者らは、これまで地スベリ等の発生原因の一つとして、間隙水圧の増加に伴うせん断抵抗力の低下を考え、三軸試験機を用い、初期せん断力として一定の軸荷重を加え、その軸荷重を保ったまま、二重管ビュレットを介して直接間隙水圧を増加させ、その時の挙動を調べてきた。⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾ 今回は、せん断応力を一定にして同様の実験を行ったので報告する。 q =一定としたので、非排水状態では間隙水圧のみが、排水状態では間隙水圧と間隙比が変化しうる。用いた試料は東京湾海成粘土からシルト分以上の粒径のものを極力除去したものであり、その物理的性質は、 $G_s=2.61$, $w_l=122$ (%), $w_p=43$ (%), $I_p=79$ である。

II. 実験方法

初期せん断力は、これまでと同様、予め等方圧密された供試体 ($L=D=5$ cm) に非排水状態・歪制御である大きさのせん断応力になるまで加えた。そのせん断応力を保ったまま、非排水状態で変形が生じなくなるまで放置し、その後間隙水圧を増加させた。間隙水圧上昇過程では、供試体下面よりある値の間隙水圧増を加え、供試体上面で間隙水圧の値を検出した。両者の値が一致した時には、新に供試体下面よりある大きさの間隙水圧増を加えた。また、両者の値が一致した時は供試体内部の間隙水圧分布が一樣と見なせるので、その点にマークを施した。ある間隙水圧増分を加えた過程の状態経路は、供試体上面で測定された間隙水圧の値を基にして定めた。せん断応力一定での非排水過程(非排水クリープ過程)は破線で表した。なお、メンブレン張力・間隙比の補正も行った。

III. 状態経路

図-1に正規化した状態経路を示す。図中には、三軸試験での限界である Tension Cut-off面、CU試験で求めた状態境界面も示されている。せん断応力の大きい場合 (No. 1, 2) では、非排水クリープ過程で大変形が生じたので、間隙水圧増は加えなかった。図-2でも示すように、せん断歪が 10%以上でややデータの信頼性には欠けるが、ほぼ限界状態まで初期せん断力を加えた No. 1 の場合では、状態点はほとんど変化せずに変形が生じた。また、No. 2 は Hvorslev面と考えられる点まで状態点が移動し、その点で大変形していることがわかる。特に、それらの点に“×”を施した。

せん断応力の小さい場合 (No. 3, 4) の非排水クリープ過程では、ほとんど変形は生じず、間隙水圧が多少増加した。間隙水圧上昇過程での q/p_e' 値は最初ほぼ一定であるが、徐々に増加し、ある応力比 (ここでは $\eta=1.5$) を越えるとその増加割合が大きくなり、 $\eta=M$ 付近を越えると急

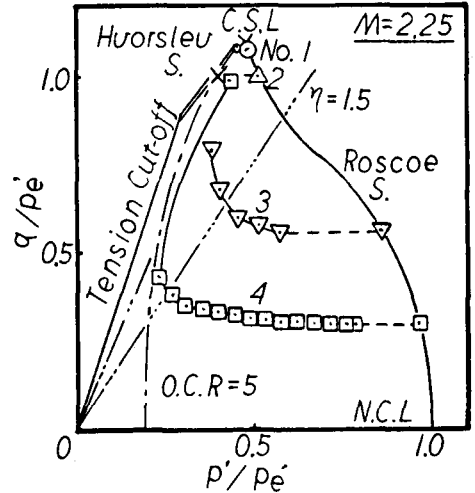


図-1 正規化した状態経路

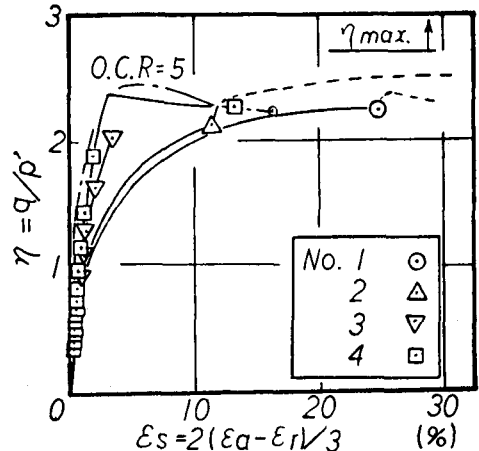


図-2 $\epsilon_s \sim \eta$ 関係

激に増加する傾向にある。そして、これらの状態経路は限界状態線に向かって進行している。

図-2にせん断歪 ε_s と応力比 η の関係を示す。ここで、 $\varepsilon_s = 2(\varepsilon_a + 2\varepsilon_r)/3$, $\eta = q/p'$ である。No. 1, 2の非排水クリープ過程は、応力比がほぼ一定で変形が進んでいることを示している。No. 3, 4の場合は過圧密試料のCU試験の結果(O.C.R=5)と同様の関係を示している。No. 3では最終点でも、応力比はM値に達せず、せん断歪はそれほど発生していない。No. 4では、せん断応力の大きさがNo. 3より小さいにもかかわらず、応力比がM値を越えた付近で急激にせん断歪が増加している。

図-3に平均有効応力と体積歪の関係を示す。等方膨潤線(S.L)も記入してある。初期せん断過程及び非排水クリープ過程は非排水状態であるので、体積変化は生じない。No. 3, 4とも間隙水圧の増加とともに、負の体積歪(膨潤)が発生し、その経路は最初 S.L に沿って移動するが、 q/pe' 値の増加量が多くなる $\eta=1.5$ 付近で S.L より間隙比が大きくなる方向に逸脱している。

IV. せん断歪と全歪エネルギーの関係

文献4)と同様に、正規化した全歪エネルギー W_p を (1)式のように定義する。

$$W_p = \sum \{ (\varepsilon_{v\ i+1} - \varepsilon_{v\ i}) + (\varepsilon_{s\ i+1} - \varepsilon_{s\ i}) (\eta_{i+1} + \eta_i) / 2 \} \dots (1)$$

正規化した全歪エネルギーは、図-2のせん断歪軸と $\varepsilon_s \sim \eta$ 曲線で囲まれた面積とその時の体積歪の和で表せる。また、基準点は等方圧密終了時(N.C.L)とした。

図-4にせん断歪と正規化した全歪エネルギーの関係を示す。図中には、過圧密供試体(O.C.R=5)のCU試験で得られた同様の関係も示されている。せん断歪の小さい部分を除いて、各ケースの $\varepsilon_s \sim W_p$ 関係はほぼ直線であり、その傾きはほぼ一致している。また過圧密試料のCU試験の結果も同様である。

V. まとめ

せん断応力一定の下で、間隙水圧を増加させた実験を行った結果、以下の知見が得られた。

1. 状態経路はCU試験で得られた状態境界面内に存在する。
2. せん断応力が大きい場合の非排水クリープ過程では、応力状態点がほとんど移動しないまま大変形が生じる。
3. 間隙比の変化が許される場合には、状態点は限界状態線に近づく。
4. せん断歪と正規化した全歪エネルギーの間にはユニークな関係がありそうだが、今後の課題としたい。

参考文献

- 1) 今井, 片桐 (1985); 第20回土質工学会研究発表会 pp473-476
- 2) 今井, 片桐, 坂田 (1986); 第21回土質工学会研究発表会 pp371-374
- 3) 今井, 片桐, 坂田 (1986); 第41回年次学術講演会 III, pp327-328
- 4) 今井, 片桐 (1987); 第22回土質工学会研究発表会 (投稿中)

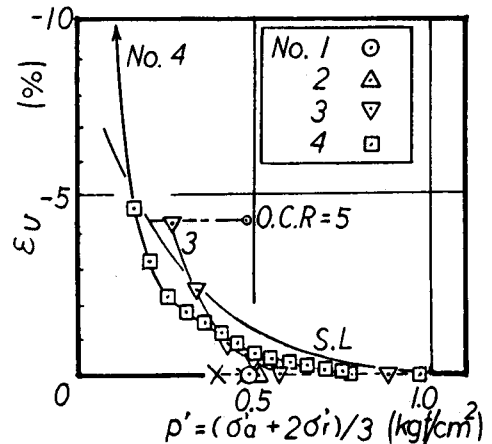


図-3 $p' \sim \varepsilon_v$ 関係

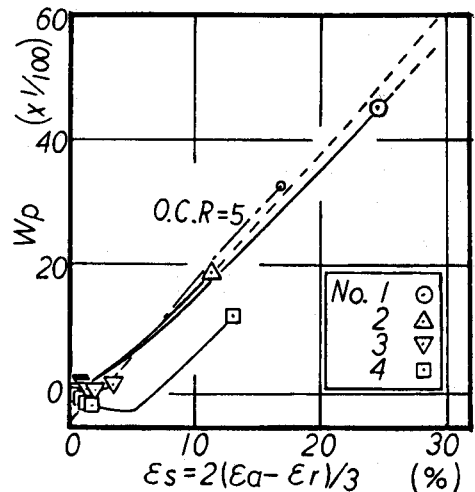


図-4 $\varepsilon_s \sim W_p$ 関係