

間隙水圧の周期的変動を受ける粘土の応力ひずみ挙動

信州大学大学院 学○人貝寿之

信州大学 正 梅崎健夫

信州大学 正 川上 浩

1. はじめに

地すべりを誘発する原因の一つに、間隙水圧の周期的変動による進行性破壊が挙げられる。雨水・融雪水により土中の間隙水圧が増加し、有効応力を減少させ、破壊に至る。

間隙水圧変動によるすべり面粘土の強度特性と破壊の進行過程の把握を目的として、等方圧密後、初期せん断応力を与えた粘土供試体に、全応力一定の下で所定の間隙水圧を増減させ、その後非排水せん断を行う三軸試験を実施した。試験結果に基づき、有効応力の変化、せん断ひずみ、および体積ひずみの挙動について検討した。

2. 実験方法

試料として、カオリン ($G_s = 2.759$, $W_L = 36.3(\%)$, $I_P = 39.4$) を用いた。図-1は、実験の概略を示したものである。なお、限界状態線 (C.S.L.) および圧密応力 1.0 kgf/cm^2 の応力経路 (ABC) はひずみ速度 $0.07\%/min$ の CU試験により求めたものである。等方応力 1.0 kgf/cm^2 で24時間圧密した後、応力比 $\eta (=q/p') = 0.32$ まで応力制御で初期せん断を加えた。応力の载荷速度は1段階 0.02 kgf/cm^2 で、軸ひずみ速度が $0.07\%/min$ 以下になれば次の段階へと進むこととした。初期せん断で発生した過剰間隙水圧と背圧を加え合わせた応力を間隙水圧として周面排水経路よりろ紙を介して供試体に加えた。この応力を载荷間隙水圧 (u_c) とし、供試体底面の中心における間隙水圧 (u_m) を測定した。その後、軸差応力 (q) 一定の下で間隙水圧を $\Delta u = 0.32 \text{ kgf/cm}^2$ で増減させた。間隙水圧を増加して24時間、減少して24時間を1周期として5周期の繰返し载荷を行った。なお、 0.3 mm のメンブレンを用い、表面にグリースを塗布した。

3. 実験結果および考察

図-2は、間隙水圧 (u) ・ 応力比 (η) ・ 軸ひずみ (ϵ_1) ・ 体積ひずみ (ϵ_v) の経時変化を初期せん断と2周期96時間分示したものである。

3.1 間隙水圧挙動

図-2 (a) に示すように、厳密には増加・減少過程のそれぞれ最初の4時間において、供試体中心の間隙水圧 u_m と载荷間隙水圧 u_c を比較すると、 u_c に対して u_m の応答には時間的遅れがある。すなわち、供試体内の間隙水圧が一様化するのに約4時間を必要としており、供試体を

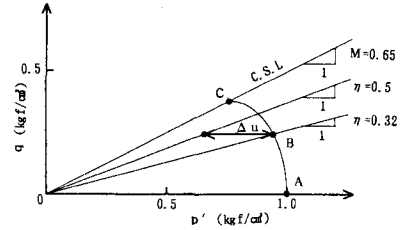


図-1 間隙水圧増減実験の応力経路

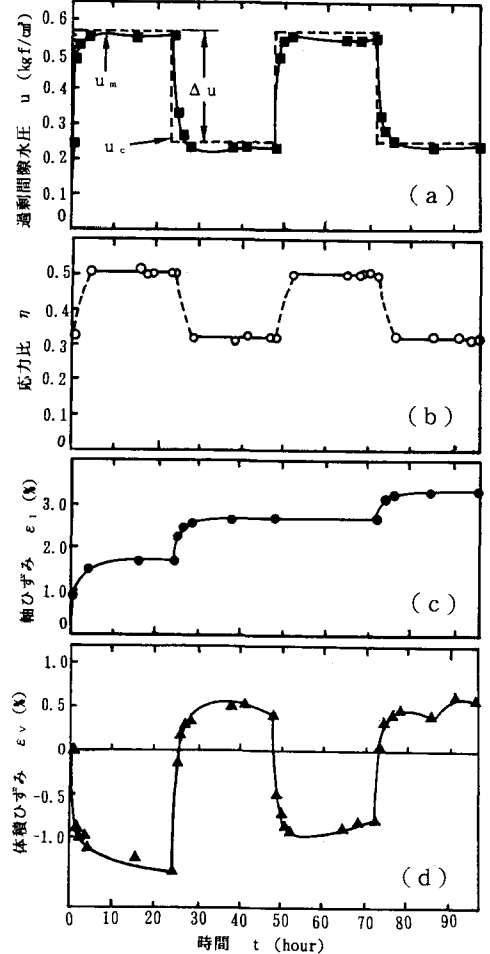


図-2 u , η , ϵ_1 , $\epsilon_v - t$ 関係

密に要素として捉えることは難しい。しかしながら、全体的には u_m と u はほぼ同じ挙動を示し、規則的に周期的変動をしている。

3. 2 応力比・ひずみ関係

(1) 軸ひずみ 図-2 (b) における応力比 η は、図-2 (a) における u と u_m を相加平均した間隙水圧を用いて算定した。破線は間隙水圧の一樣化の過程を示している。

図-2 (c) に示すように、1周期目の増加過程・減少過程どちらにおいても軸ひずみは大きく増加している。一方、2周期目の増加過程では軸ひずみはほぼ一定のままであるが、減少過程においてのみさらに増加している。すなわち、軸ひずみは応力比の増減と一致しておらず、応力比の減少過程において回復することなく逆に増加している。図-3は、各周期の増加・減少過程の軸ひずみの増加量を示している。軸ひずみは1周期目に大きく増加し、载荷回数を経るごとに軸ひずみの増加量は少なくなるが、全体的には増加傾向を示している。

(2) 体積ひずみ 図-2 (b) と (d) に示すように体積ひずみは応力比の変化に対して、収縮(正)、膨張(負)を繰返している。図-4は、各周期における増加・減少過程の24時間目(過程の最終値)の ε_v 値をプロットしたものであり、体積ひずみの変化量を示している。体積ひずみは、間隙水圧の増減により膨張側から収縮側に移行する傾向がある。

3. 3 間隙水圧変動履歴の影響

図-5における破線はCU試験の応力経路であり、実線は間隙水圧増減実験とその後の非排水せん断試験の応力経路である。間隙水圧の増減による応力履歴を受けた供試体は、CU試験と比べて破壊時には同一のC.S.L.上に至るが、せん断中の間隙水圧の増加量は小さく、非排水強度が増加している。

4. まとめ

一連の実験において以下のことが得られた。

- 1) 载荷間隙水圧と供試体内間隙水圧の挙動には時間的遅れがある。
- 2) 軸ひずみは応力比と対応することなく、1周期目においては間隙水圧の増加・減少過程のいずれでも大きく増加し、2周期目以降は減少過程においてのみ増加する。さらに、载荷回数と共に増加する。
- 3) 間隙水圧の周期的変動により体積ひずみは収縮・膨張を繰返すが、载荷回数と共に収縮側に移行する。
- 4) 間隙水圧変動履歴を受けると、非排水強度が増加し、過圧密粘土に類似した挙動を示す。

今後、さらに詳細な検討を進めるが、実際の地すべり地を念頭において過圧密粘土の実験も重要であると思われる。

参考文献 1) 片桐：飽和粘性土の有効応力減少過程における変形特性，1990。2) 片桐，今井：全応力一定の下で間隙水圧を繰返し増減させた場合の粘性土の変形特性，繰返し応力を受ける地盤の変形に関するシンポジウム，pp. 81-86, 1990。

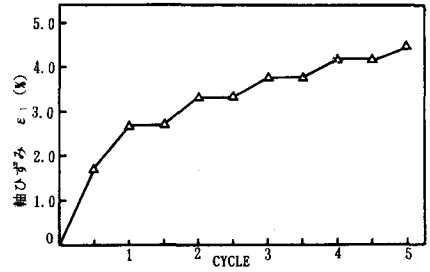


図-3 軸ひずみの変化

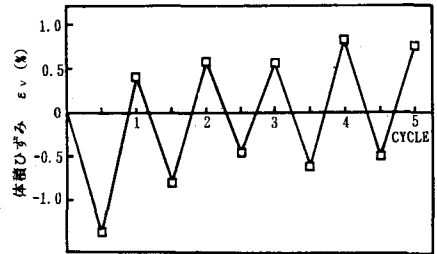


図-4 体積ひずみの変化

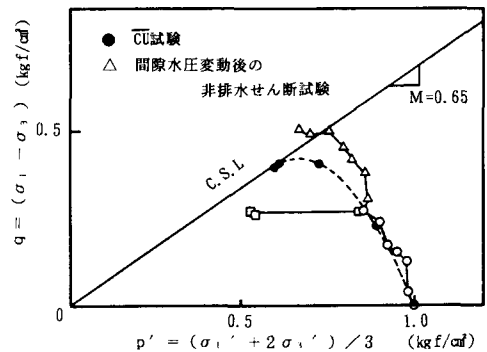


図-5 応力経路に及ぼす
間隙水圧変動履歴の影響