

応力比一定異方圧密粘土の非排水せん断挙動

琉球大学 工学部 正員 原 久 夫

1. まえかき 粘性土の異方性に関する研究は、強度異方性に関するものが多い。この場合の一例としてたとえは K_0 圧密粘土の圧縮・伸長試験におけるせん断挙動の比較から異方性を調べるものがある。このような場合における異方性とは、付加される最大主応力の方向によってせん断挙動に差が生じることをいっている。

ところが最大付加主応力の方向は同一であっても、圧密終了時の応力状態が異なる異方圧密粘土は、その圧密応力の異方性に応じて異なるせん断挙動を示す。そこで圧密応力の異方性がせん断挙動とどのように係わっているのかを非排水三軸圧縮試験によって調べたところ、これまでに(1)非排水せん断特性は、圧密応力の異方性が高まるにつれて変わり、Cam clay、修正 Cam clay モデルから計算される値と合致しなくなってくる。(2)せん断特性は、異方圧密終了後の応力状態が同じであれば圧密応力経路に依存しない、ことが確かめられた。^{1), 2)}

本文では、圧密応力の大きさが異なる応力比一定異方圧密粘土の非排水せん断挙動を三軸圧縮試験によって調べた結果を報告する。

2. 実験方法 実験に用いた粘土は、福山粘土($w_L=83\%$, $I_p=54$, $M=1.28$, $\lambda=0.261$, $k=0.037$)である。再圧密した福山粘土をセル内で応力比一定条件下で異方圧密した後、非排水せん断($\dot{\epsilon}=1\%/min$)する。異方圧密時の応力比は、 $\eta/H=0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$ の5種類 P_c は、 $P_c=1.0, 2.0, 3.0 \text{ kgf/cm}^2$ の3種類であり合計15種の異方圧密粘土について実験した。 P_c は、Cam clay モデルによって定義される圧密降伏応力であり、異方圧密終了時の応力を P_c とすると $P_c = P_c \exp(\eta/H)$, $\eta = \delta P_c$ として表わされる。異方圧密の終了点は、所定の P_c を持つ降伏曲線(Cam clay)と η/H 値によって定められた η を勾配とする直線 $\delta = \eta/P$ との交点とした。(図4(b)参照)

3. 実験結果と考察

図-1 は、応力比一定条件下での異方圧密期間中にけるひずみ増分比 $\Delta\epsilon_r/\Delta\epsilon_a$ と応力比との関係を示したものである。同図の横軸と実験曲線との交点から K_0 状態に対応する応力比 $\eta_0=0.77$ が求められる。実験値に多少のばらつきはあるものの両者の関係は、一本の曲線で表わされる。限界状態理論に従えば、 $\eta=M$ のとき $\Delta\epsilon_r/\Delta\epsilon_a=-1/2$ となるべきであるが、曲線をなめらかに外挿するとそのようなふうになるようである。この場合の M は、非排水試験によって得られたものであり、圧密の場合には別の C.S.L. の勾配が必要であろう。このことは、圧密変形については非排水変形と異なる状態曲面の存在を示唆している。

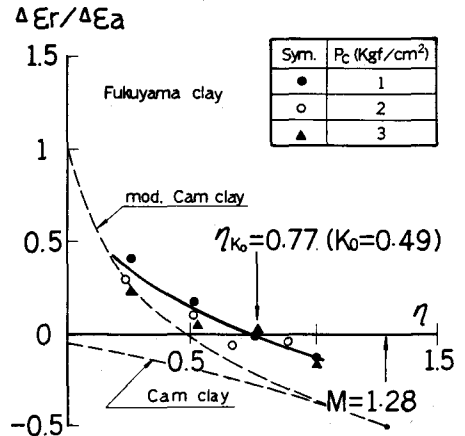
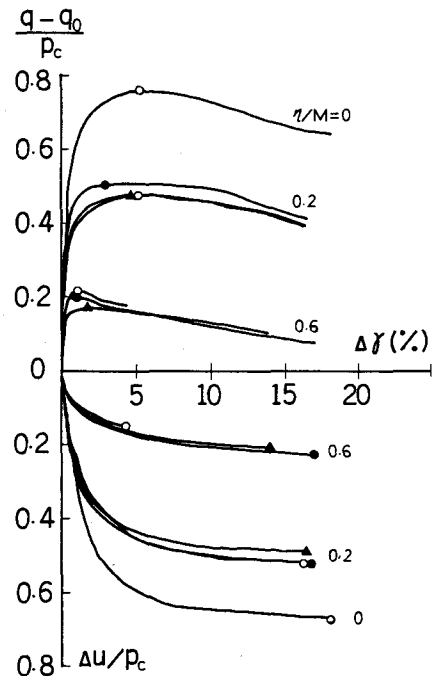
図-1. 異方圧密期間中にける $\Delta\epsilon_r/\Delta\epsilon_a \sim \eta$ 関係図図-2. 応力比一定条件下での異方圧密期間中にける $\Delta u/P_c \sim \eta$ 関係図

図-2 に応力～ひずみ～間隙水圧関係を示す。ここでは、偏差応力と間隙水圧を p で無次元化してある。またせん断ひずみは、せん断開始時をゼロとして表わしている。図に示すように無次元化された応力～ひずみ～間隙水圧関係は、 p_c によらず一本の曲線となる。応力～ひずみ関係では、破壊ひずみが η/M の増加とともに小さくなっていくのに対し、間隙水圧はひずみの増加にともなって単調に増加することがわかる。

図-3 に p_c で無次元化した非排水ストレスパスを示す。図に示すようにストレスパスの形状は、等方性を仮定した Cam clay, 修正 Cam clay モデルから計算される形状とはならず、しかも η/M が大きくなる程その一致度は低下する。また η/M 値が同じであれば、無次元化ストレスパスは p_c によらず同一の曲線となることから、非排水ストレスパスの集合として形成される状態曲面の一定断面形状は、相似形であることがわかる。しかしストレスパス形状が η/M 値によって異なっているため、この非排水状態曲面の形状も η/M 値に応じて変化すると考えられる。

図-4 (a)は、非排水圧縮強度 $q_f - q_0$ と η/M との関係を示している。図に示すように $q_f - q_0$ は、 η/M 値の増加にともなって減少し、 p_c が大きいく程、大きくなる。非排水圧縮強度を p_c で無次元化したものが図-4 (b)である。同図に示すように、 $(q_f - q_0)/p_c \sim \eta/M$ は一本の曲線上に来る。これは、図-3で示したように $q/p_c \sim p/p_c$ 関係が p_c に依存しないことから当然の結果といえる。図-4 (b)には、Cam clay, 修正 Cam clay モデルから計算される曲線も描いてあるが η/M 値の増加にともなってこれらの計算値と実験値との間にずれが生じてくることがわかる。従って K_0 比盤等の異方圧密状態にある地盤の非排水強度の推定にあたっては、この点を十分に考慮する必要がある。

4. 結 論

- (1) 異方圧密粘土の応力～ひずみ～間隙水圧関係、非排水ストレスパス等を p_c で除して無次元化表示すると η/M 値に応じてそれぞれ一本の曲線上に来る。従って非排水状態曲面の一定断面形状は、相似形である。
- (2) 異方圧密期間中には、非排水変形時と異なる状態曲面を考慮する必要がある。
- (3) Cam clay, 修正 Cam clay モデルでは、異方圧密粘土の圧密期間中、非排水変形時を通じて変形・強度特性を表現できないことが確認された。

参考文献：1) 才内国土管理学会, P445-446, 2) 才内国土管理学会, P475-476

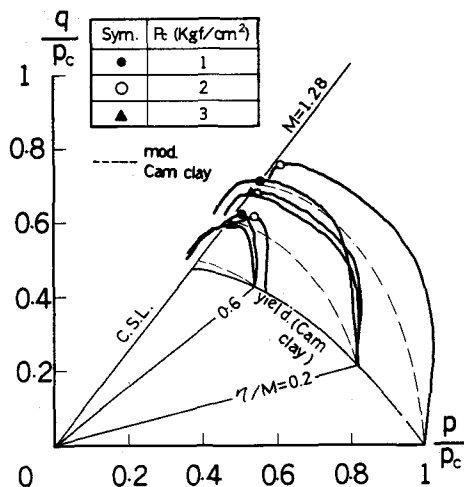


図-3. 非排水ストレスパス $q/p_c \sim p/p_c$ 関係図

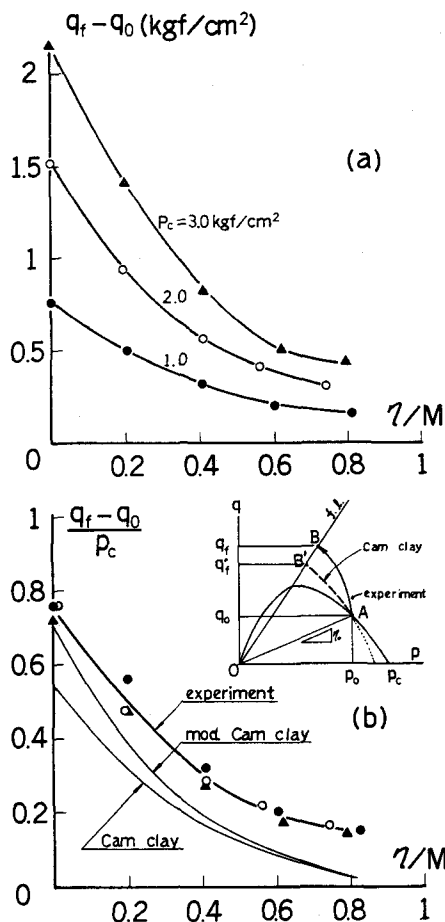


図-4. $(q_f - q_0) \sim \eta/M$, $(q_f - q_0)/p_c \sim \eta/M$ 関係図