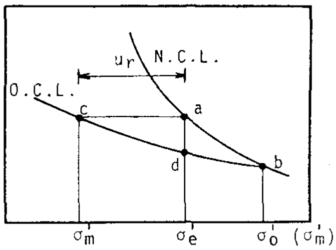
繰返し応力・ひずみ履歴を受けた飽和粘土のせん断特性

大阪大学工学部　正員　松井　保
大阪大学工学部　正員　阿部　信晴
神戸市　正員　田中　伸佳
大阪大学大学院　学生員　○松田　賢二

1. まえがき　飽和粘土地盤は地震以外にも交通荷重、波力、杭打ち時の振動荷重など繰返し荷重を受けることが多い。このような繰返し応力・ひずみ履歴を受けた飽和粘土は過剰間隙水圧の発生を伴って有効応力が減少し過圧密状態に移行し、その結果せん断抵抗が低下する。本報告では、繰返し応力・ひずみ履歴を受けた飽和粘土と過圧密履歴を受けた同じ有効応力状態の飽和粘土との静的せん断特性を、せん断強度の点のみならず応力～ひずみ関係や有効応力経路の挙動の点からも比較検討する。

2. 繰返し応力・ひずみ履歴と過圧密履歴　2種類の履歴を間隙比と有効拘束圧の推移で示すと、図－1のようになる。すなわち、曲線abは正規圧密状態、曲線bdcは過圧密状態を表わす。a点で示される正規圧密の供試体に、非排水状態で平均主応力一定の繰返し載荷が行なわれると過剰間隙水圧が発生する。その結果a点からσ_m'軸に平行に移動し、繰返し載荷を停止するとc点の状態に移り、一種の過圧密状態になる。このとき$\overline{ac}$で表わされる過剰間隙水圧u_rが残留する。一方$\overrightarrow{abc}$で表わされる通常の過圧密履歴によっても繰返し応力・ひずみ履歴を受けた供試体と同一の有効応力状態を作ることができる。



図－1

本報告では、過圧密比に相当するパラメーターとして等価過圧密比、すなわち等価圧密圧力σ_e'と平均有効主応力σ_m'との比、σ_e'/σ_m'を採用し、両履歴の比較検討を行った。

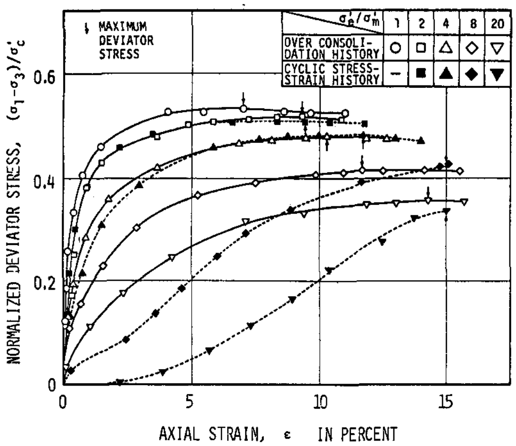
3. 試料及び実験方法　用いた試料は市販のクラウンクレイで、その物性はLL：100％, PI：57％, Gs：2.59, 粘土分(<2μ)：60％である。供試体は、液性限界以上の高含水比で練り返し大型圧密装置を用いて圧密（圧密圧約1.2 kgf/cm²）したのち、φ 50mm × 125mmに成型したものを用いた。実験装置は振動三軸試験機で、既報のもの[1]と同じである。実験方法は、供試体を有効圧密圧2.0 kgf/cm²で24時間等方圧密したのち、非排水状態で平均主応力及びせん断応力振幅一定の繰返し載荷を行った。その際、応力波形及び周波数はそれぞれ正弦波及び0.5Hzとした。上記に定義した等価過圧密比が約2, 4, 8, 20の4種の状態が50波前後の波数で得られるように繰返し載荷を行った。その後、間隙水圧が一定になるのを確認し、載荷速度0.02 kgf/cm²/minの静的非排水せん断試験を行った。一方、繰返し応力・ひずみ履歴を受けた供試体とほぼ同一の間隙比をもち、等価過圧密比がほぼ上記の4種の値に近づくような過圧密供試体を作成した。この際、圧密及び膨張に要する時間

TAMOTSU MATSUI　NOBUHARU ABE　NOBUYOSHI TANAKA　KENJI MATSUDA

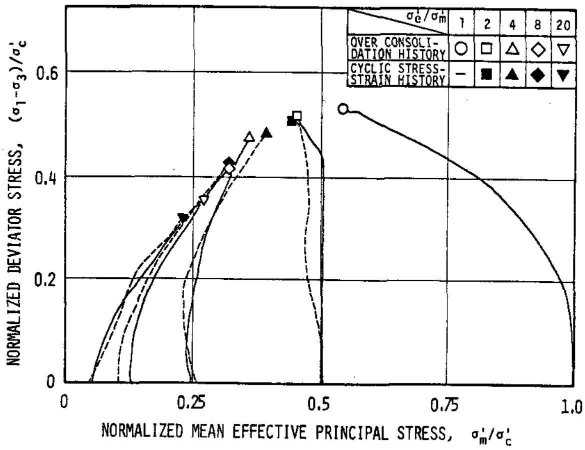
をそれぞれ24時間とした。その後、上記と同様の静的非排水せん断試験を行った。

4、実験結果及び考察　図－2及び図－3は、それぞれ正規化された軸差応力と軸ひずみの関係及び有効応力経路を示す。これらの図には、両履歴に対してそれぞれ4種の等価過圧密比をもつ供試体に対する結果が示されている。また比較の為正規圧密状態の結果も示されている。

図－2から明らかなように、σ_e'/σ_m'が大きくなるにつれて、両履歴とも最大軸差応力及び変形係数が小さくなり、破壊時ひずみが大きくなる。また両履歴間の比較では、$\sigma_e'/\sigma_m'=2$の場合はほとんど同じであるが、$\sigma_e'/\sigma_m' \geq 4$では繰返し応力・ひずみ履歴の方が変形係数が小さく破壊時ひずみが大きくなる。しかし最大軸差応力には極端な低下はない。一方図－3からわかるように、両履歴の応力経路は若干の差異はあるもののほとんど一致する。従って両履歴は同じダイレタンシー特性をもつとみなされる。

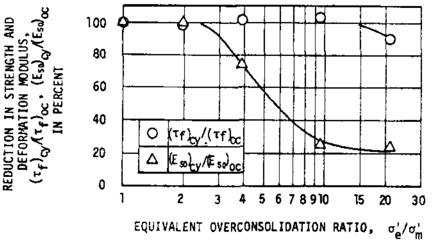


図－2



図－3

図－5は、過圧密履歴に対する繰返し応力・ひずみ履歴の非排水強度及び変形係数の減少を等価過圧密比に対してプロットしたものである。この場合、非排水強度に関しては$\sigma_e'/\sigma_m' > 15$で繰返し履歴の影響があらわれてわずかに強度の低下が認められるのに対して繰返し履歴の変形係数の低下はσ_e'/σ_m'が3付近より生じはじめ$\sigma_e'/\sigma_m' > 8$では過圧密履歴の25％程度にまで下がる。



図－4

5、結語　繰返し応力・ひずみ履歴を受けた飽和粘土は、その強度及びダイレタンシー特性において過圧密履歴のそれとほぼ等価であるが、その変形特性の点で過圧密履歴のそれと異り、過度の劣化を引起す。すなわち、有効応力の低下に起因するせん断強度及び変形係数の低下の他に、繰返し効果によるせん断特性の劣化があり、とくに等価過圧密比の増大とともに変形係数の低下が著しくなる。

＜参考文献＞

1) 松井、小原、伊藤：飽和粘土の力学的特性に及ぼす動的応力履歴の影響，土木学会論文集、第257号、1977