

・ K_0 圧密粘土の繰返し圧密挙動と強度変化

広島大学工学部 正会員 森脇 武夫
 広島大学大学院 学生会員 齋藤 正己
 広島大学大学院 学生会員 ○梅原 健

1. はじめに

繰返し圧密挙動を解明するためには、繰返し周期、荷重の大きさ、初期圧密応力等の諸条件が繰返し圧密挙動に及ぼす影響を把握する必要がある。しかし、これまでの研究では室内試験と現場で挙動の不一致が指摘されている。その原因として、実験室における現場の不攪乱自然試料の再現性および、地盤応力状態の再現性が考慮されていないことが挙げられる。本研究は、試料に自然粘土の年代効果を再現できると考えられる再圧密高温養生試料を用い、自然地盤と同様に K_0 圧密された正規圧密粘土に繰返し荷重が作用するときの圧密挙動、及び強度特性に及ぼす初期圧密応力(以下 σ_{a0})の影響について実験的に検討したものである。

2. 試料及び実験方法

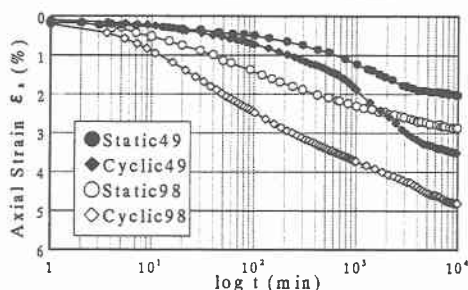
試料は岡山県倉敷市で採取した沖積粘土を用いた。試料は、 $420\mu\text{m}$ のふるいを通して粗粒分等を取り除き、繰返し等の行程を経た後、 49.0kPa の荷重で一次元圧密し、一次圧密終了後 20°C または 70°C で 4 日間養生を行った。繰返し荷重の決定は、 $\overline{CK}_0U$ 圧縮試験を行い、試験より得られた最大主応力差増分 Δq_{max} [= (最大主応力 q) - (K_0 圧密終了時主応力 q_{k0})] を基準荷重強度とし、これに荷重強度比 30% を乗じたものを繰返し応力 Δq_{cyc} とした。表 1 に $\overline{CK}_0U$ 試験より得られた繰返し応力を示す。繰返し載荷三軸試験は、 49.0kPa または 98.0kPa まで K_0 圧密を行った後、排水状態で Δq_{cyc} を載荷周期 60 秒の片振りの正弦波で載荷した。繰返し圧密を 10000 分で終了させ、その後非排水状態で圧縮試験を行った。この実験を、高温養生試料と室温養生試料(以下、それぞれ H 試料、R 試料と呼ぶ)に対して同じ条件で行うとともに荷重 Δq_{cyc} を一定載荷する三軸圧密試験も同時に行い、これらを比較検討する。

3. 実験結果と考察

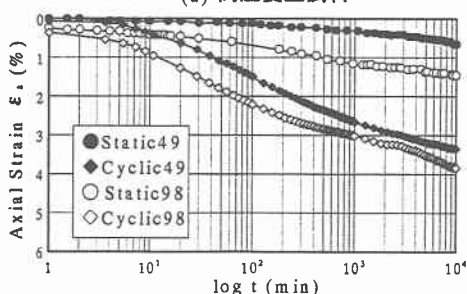
図 1 に繰返し圧密段階における軸ひずみの経時変化を養生条件ごとに示す。まず、 $\sigma_{a0}=49.0\text{kPa}$ の場合、載荷条件の違いに着目すると、繰返し荷重による軸ひずみ量が一定荷重載荷より大きくなった。また、養生条件の違いに着目すると、H 試料の軸ひずみ量は圧密途中で急増し、R 試料より大きくなった。これは、H 試料では試料作製時に粘土の骨格構造が発達するため、高温養生時に作られた高位な骨格構造が、 $\sigma_{a0}=49.0\text{kPa}$ の K_0 圧密時に壊れずに残り、繰返し圧密段階の繰返し荷重によって破壊されるためと考えられる。次に、 $\sigma_{a0}=98.0\text{kPa}$ では、載荷条件の違いによる影響は $\sigma_{a0}=49.0\text{kPa}$ の場合と同様、繰返し荷重による軸ひずみ量が一定荷重載荷より大きくなった。しかし、圧密中の軸ひずみは、載荷条件及び養生条件の違いに依らず徐々に増加していることから、 $\sigma_{a0}=98.0\text{kPa}$ での粘土の骨格構造は、圧密段階で破壊するなどの大きな変化は起こっていないと考え

表-1 繰返し応力

養生条件	高温養生		室温養生	
$\sigma_{a0}(\text{kPa})$	49.0	98.0	49.0	98.0
繰返し応力 $\Delta q_{\text{cyc}}(\text{kPa})$	22.54	24.5	16.17	20.09



(a) 高温養生試料



(b) 室温養生試料

図-1 軸ひずみ $\varepsilon_a \sim \log t$

られる。

図2に圧密前後で行った非排水三軸圧縮試験における主応力差(q)～軸ひずみ(ε_a)関係を示す。 $\sigma_{a0}=49.0\text{ kPa}$ では、一定荷重載荷による圧密を経た方が q のピークが大きく、H試料の方がその傾向は顕著である。また、繰返し荷重を受けたH試料はピーク後の軟化傾向が小さい。これは、前述したように繰返し荷重によって骨格構造が乱されたことを示している。 $\sigma_{a0}=98.0\text{ kPa}$ の場合に、圧密後の q が大きくなるのは圧密による高密度化に起因する強度増加であると考えられる。また、 $\sigma_{a0}=98.0\text{ kPa}$ のH試料において、圧密後の $q \sim \varepsilon_a$ 関係で載荷条件による違いが現れなかったことは、載荷条件が違うにも依らず圧密終了時の供試体の状態がほぼ等しくなっていたことを表している。圧密前後について比較すると、 $\sigma_{a0}=49.0\text{ kPa}$ のH試料では繰返し圧密前後の q の値はほとんど変わっていないのに対し、他のケースはどれも圧密後の q の値が大きくなった。これは、一定荷重載荷の場合は圧密による高密度化によって強度増加がもたらされるのに対し、繰返し圧密の場合は σ_{a0} が小さいと、繰返し圧密中に起こる高密度化による強度増加が繰返し圧密に伴う骨格構造の乱れによって打ち消されるが、 σ_{a0} が大きいと、 K_0 圧密時に試料作製時に形成された骨格構造が壊れているので繰返し荷重による強度低下の影響はあまり現れず圧密に伴う高密度化によって強度増加すると考えられる。

図3に繰返し載荷及び一定荷重載荷による圧密前後の非排水強度(q_f)とその時の間隙比(e_f)を示す。 $\sigma_{a0}=49.0\text{ kPa}$ の場合、一定荷重載荷が繰返し載荷より圧密後の q_f 、 e_f ともに大きい。これは、繰返し載荷に伴って骨格構造が乱されるため間隙比の減少量は一定荷重載荷より大きくなるが、間隙比の減少による強度増加よりも繰返し載荷に伴う骨格構造の乱れによって生じる強度低下の方が大きいことを意味している。一方、 $\sigma_{a0}=98.0\text{ kPa}$ の場合、載荷条件に関わらず q_f と e_f の値がほぼ同じであることから、圧密終了時の土粒子構造ほぼ同じ状態になっていたと考えられる。

4. 結論

- 1) 初期圧密応力の大きさに関わらず、繰返し圧密による軸ひずみは一定荷重載荷より大きくなった。
- 2) 初期圧密応力が比較的小さい K_0 正規圧密粘土の場合、繰返し圧密による軸ひずみは、H試料の場合がR試料より大きくなり、繰返し圧密の前後ではR試料の強度が増加したのに対し、H試料の強度は変化しなかった。
- 3) 初期圧密応力が大きい場合、繰返しおよび一定荷重載荷による圧密段階での高密度化による強度増加が確認できた。
- 4) 土の強度(q_f)は、初期圧密応力が小さいときは、形成された土粒子の骨格構造の強度に依存し、初期圧密応力が大きくなると土粒子の密実さに依存する。
- 5) 自然不攪乱試料の代わりにR試料を用いると、初期圧密応力が大きい正規圧密領域において、繰返し圧密によって発生するひずみを過小に評価する傾向がある。また、初期圧密応力が小さい場合には、繰返し圧密後の強度増加を過大に評価する恐れがある。

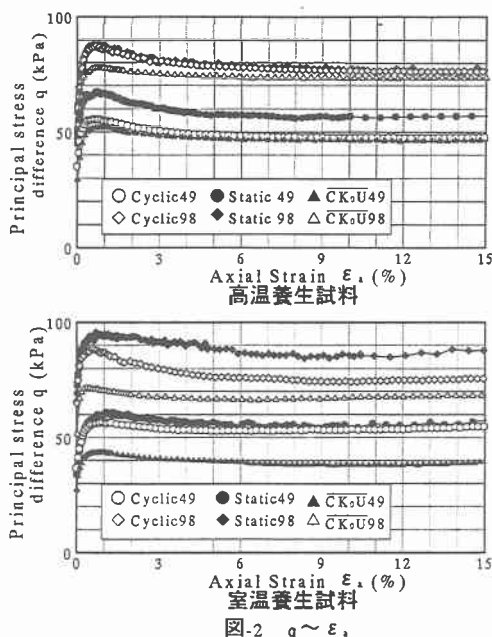


図-2 $q \sim \varepsilon_a$

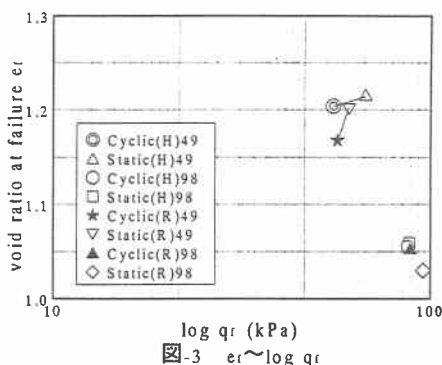


図-3 $e_f \sim \log q_f$