

2つの工法で過圧密された砂地盤の液状化強度特性

九州工業大学大学院 学生会員 ○前田 広重

九州工業大学工学部 正会員 永瀬 英生 清水 恵助 廣岡 明彦

九州工業大学工学部 学生会員 石原 弘樹

1. まえがき

砂質土地盤が過圧密履歴を受けると、液状化強度が増加することはよく知られている。地盤に過圧密履歴を与える工法としてはプレローディング工法や地下水位低下工法が挙げられる。しかし、これらの工法が地盤に適用される際の K_o 値の挙動、液状化強度の相違等は十分に把握されていないのが現状である。

本研究では中空ねじり試験装置を用いてプレローディング工法と地下水位低下工法を想定し、過圧密履歴を受けた砂の液状強度特性を調べた。

2. 試料および試験方法

試料には豊浦砂($G_s=2.637$, $e_{max}=0.973$, $e_{min}=0.609$)を用いた。供試体は、外径 10cm、内径 6cm、高さ 10cm の中空円筒形とし、空中落下法で相対密度 $Dr=30\%$ になるように作製した後、二酸化炭素と脱気水で十分に飽和させた。

圧密方法は K_o 圧密(軸力制御、背圧制御)であり、供試体拘束条件としては、鉛直変位拘束を採用した。ここで、軸力制御はプレローディング工法、背圧制御は地下水位低下工法をそれぞれ想定している。過圧密履歴は、所定の初期鉛直有効応力 σ_{vo}' で K_o 圧密した後、 σ_{vo}' の 2 倍または 4 倍の鉛直有効応力 σ_v' を与えて K_o 圧密し、その後 σ_v' を初期鉛直有効応力 σ_{vo}' まで除荷する方法で与えた。この場合の過圧密比(OCR) $_v$ は、最大の鉛直有効応力 σ_v' と初期鉛直有効応力 σ_{vo}' の比で定義した。また、圧密時における側方ひずみは 0.05% 以内に収まるように側圧にて制御した。繰返し試験は周波数 0.1Hz の正弦波荷重を用いて行った。なお、鉛直変位拘束条件下での繰返し载荷時においては、クランプを締めることによって鉛直変位を拘束した。

3. K_o 圧密試験

図 1、2 に軸力制御、背圧制御で行った K_o 圧密試験における K_o 値と鉛直有効応力 σ_v' の関係を示す。図 1 の軸力制御による K_o 圧密試験では、初期鉛直・水平有効応力とともに 19.6kPa、すなわち $K_o=1.0$ とし、鉛直荷重の载荷・除荷を行った。 K_o 値は初期状態から減少し続けているが、鉛直有効応力 σ_v' が 50kPa を超えると 0.5 程度に落ち着いている。この他の結果も併せて考察してみると、正規圧密過程における K_o 値は平均 0.47 となった。また、除荷においては载荷時のラインには戻らず、除荷の進行とともに、 K_o 値は増加している。これは軸力载荷過程において供試体が圧密してある程度粒子構造が安定化し、軸力除荷において供試体に水平方向の変形がほとんど生じなかったことが原因であると考えられる。この傾向から、過圧密過程においては過圧密比が大きくなるほど、繰返し载荷直前の K_o 値は大きくなり、初期有効拘束圧 σ_o' も大きくなると言える。図 2 の背圧制御による K_o 圧密試験では、初期条件は軸力制御の場合と同様であり、繰

返し载荷直前の初期鉛直有効応力 σ_{vo}' まで軸力载荷した後、背圧の除荷・载荷を行った。背圧除荷により K_o 値は増加し、背圧载荷により

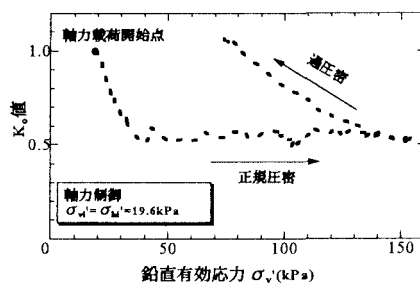


図 1 K_o 値と σ_v' の関係(軸力制御)

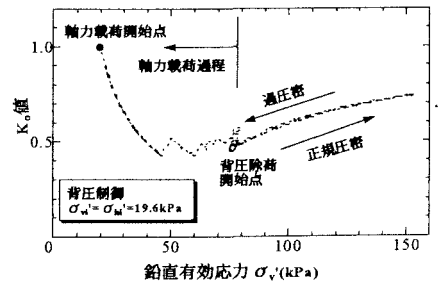


図 2 K_o 値と σ_v' の関係(背圧制御)

K_0 値は減少しており、これらの増加減少がほぼ同一径路に沿って起きている。これは、背圧の除荷・載荷が等方的に作用し、そのとき水平変位は測定精度の範囲内では生じるがその値は非常に小さかったことにより、背圧の除荷時において水平応力の制御が行われなかったためと考えられる。このことから、背圧制御により過圧密履歴を与えても最終的な K_0 値は変化せず、繰返し载荷直前の初期有効拘束圧 σ'_0 も変化しないと言える。

4. 液状化試験

図3に軸力制御の場合の繰返し試験における繰返し応力比 $R = \tau/\sigma'_0$ と繰返し回数 N_c の関係を示す。この図より、過圧密比2までは過圧密比が大きくなるにしたがって繰返し応力比が大きくなることが確認できる。しかし、過圧密比2から4で液状化強度比の増加が見られない。これは、 K_0 圧密の場合、過圧密比が大きくなるほど、 K_0 値が大きくなるため、繰返し応力比の分母である初期有効拘束圧 σ'_0 が大きくなるためであると考えられる。このことから、原位置での液状化強度に対する過圧密効果を予測する場合、繰返し応力比としては初期鉛直有効応力 σ'_{v0} により正規化した τ/σ'_{v0} を用いる方が適切であると思われる。図4、5に軸力制御、背圧制御のときの繰返し応力比 τ/σ'_{v0} と繰返し回数 N_c の関係をそれぞれ示す。これらの図に示した $(OCR)_v = 1$ のデータは同一のものである。液状化強度比は過圧密比1から4に増加するとともに明らかに増加し、過圧密の効果が確認できる。さらに、図4、5から液状化強度増加率 $(R_{oc})_v$ を算出し、 $(R_{oc})_v$ と過圧密比 $(OCR)_v$ の関係を図6に示す。ここで、等方圧密で行った場合の結果 $\square$ も併せてプロットしている。液状化強度増加率 $(R_{oc})_v$ を $(R_{oc})_v = (OCR)_v^n$ のように近似すると、背圧制御の場合での n の値は0.32で、等方圧密での値と同等であり、軸力制御での値よりかなり小さい。これは背圧制御により K_0 圧密を行うと有効応力の変化が鉛直方向と水平方向で同等であるため、軸力制御で見られるような鉛直変位のみが発生による粒子構造の安定化が十分に起こらなかったからと考えられる。この結果より原位置においてプレローディング工法の方が地下水位低下工法よりも過圧密効果が高いのではないかと予想される。

5. まとめ

地盤に過圧密履歴を与える2つの工法を想定して過圧密砂の液状化試験を行った結果、地下水位低下工法よりもプレローディング工法の方が原位置において過圧密効果が高い可能性があることが確認できた。

<参考文献>

1) 永瀬・清水・廣岡・前田・柴田・ K_0 応力条件条件下における過圧密砂の液状化強度特性、過圧密土および過圧密地盤の力学に関するシンポジウム発表論文集、pp25~30、2000

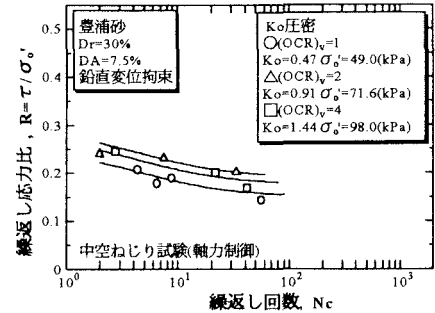


図3 繰返し応力比と繰返し回数の関係

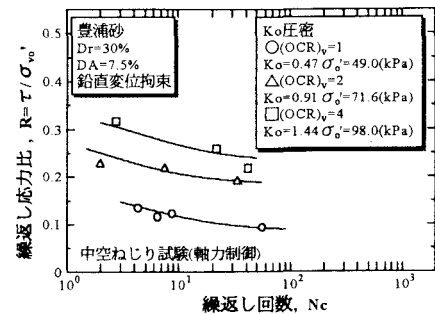


図4 繰返し応力比と繰返し回数の関係

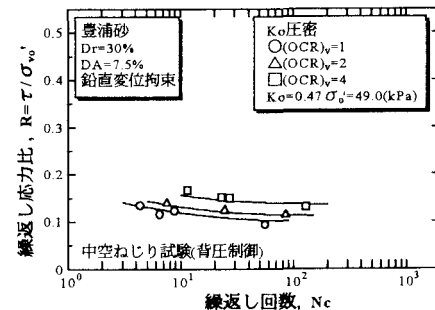


図5 繰返し応力比と繰返し回数の関係

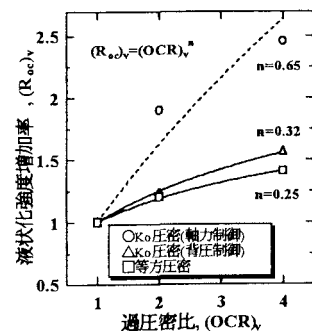


図6 $(R_{oc})_v$ と $(OCR)_v$ の関係