

過圧密工法を適用した地盤における K_0 値の挙動

九州工業大学大学院 学生会員 ○古林 篤

九州工業大学工学部 正 会 員 永瀬 英生 清水 恵助 廣岡 明彦

1. はじめに

過圧密による砂地盤の液状化強度増加については、これまでに多くの研究がなされている。地盤に過圧密履歴を与える工法としては、載荷盛土工法や地下水位低下工法が挙げられるが、これら2つの工法が地盤に適用される際の K_0 値の挙動は十分に把握されていないのが現状である。本研究では、水平地盤内の K_0 応力状態を再現できる二重セル型中空ねじり試験装置を用い、上記2種類の工法および組み合わせた場合を想定し K_0 値の挙動を比較検討した。さらに、組み合わせた工法による過圧密履歴を受けた砂の液状化強度特性についても調べた。

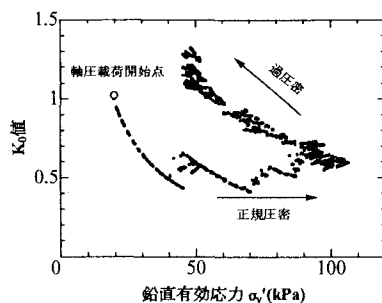
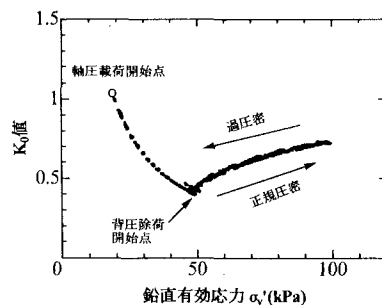
2. 試料および実験方法

試料には常陸那珂火力発電所埋立地盤から採取したもの ($e_{max}=1.143$, $e_{min}=0.631$, $U_c=5.13$) を用いた。この試料は山砂であり、重量百分率で約18%の礫分を含んでいるが、実験では2mmふるいを通した試料のみを用いた。細粒分含有率は10%程度である。供試体は、外径10cm、内径6cm、高さ10cmの中空円筒形とし、空中落下法により相対密度45%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_0 圧密(軸圧制御、背圧制御)であり、軸圧制御は載荷盛土工法、背圧制御は地下水位低下工法をそれぞれ想定している。ケースは軸圧制御のみ、背圧制御のみ、軸圧制御+背圧制御、および背圧制御+軸圧制御の4ケースとした。ここでは、それぞれのケースをケースA~Dとする。過圧密履歴は、所定の初期鉛直有効応力 $\sigma_{v0}'=49.0\text{kPa}$ で K_0 圧密した後、 σ_{v0}' の2倍または3倍の鉛直有効応力 σ_v' を与え、その後 σ_v' を初期鉛直有効応力 σ_{v0}' まで除荷する方法で再現した。なお、軸圧制御+背圧制御のケースにおいては、軸圧載荷→背圧除荷→背圧載荷→軸圧除荷、また背圧制御+軸圧制御の場合、背圧除荷→軸圧載荷→軸圧除荷→背圧載荷の手順により過圧密履歴を与えている。またその際、それぞれで制御した鉛直有効応力の比を1:1とした。すべてのケースにおいて、過圧密比は、 $(OCR)_v$ の記号で表示し、最大の鉛直有効応力 σ_v' と初期鉛直有効応力 σ_{v0}' の比で定義した。また、圧密時における側方ひずみは $\pm 0.05\%$ 以内に収まるように側圧にて制御した。

3. K_0 値の挙動

図-1,2にケースA,Bで行った K_0 圧密試験におけるそれぞれの K_0 値と鉛直有効応力 σ_v' の関係を示す。ケースAの試験では、軸圧載荷開始点において鉛直・水平有効応力をともに19.6kPa、すなわち $K_0=1.0$ とし、鉛直荷重の載荷・除荷を行った。軸圧除荷過程においては載荷時のラインには戻らず、除荷の進行とともに、 K_0 値は増加している。これは、軸圧載荷過程において供試体が圧密して粒子構造が安定化し、軸圧除荷過程においては、供試体に生じる水平方向の変位が生じず、水平有効応力 σ_h' がほとんど変化しなかったことが原因であると考えられる。この傾向から、軸圧制御により過圧密履歴を与えた場合は、過圧密比が大きくなるにつれて、最終的な K_0 値は大きくなり、初期有効拘束圧 σ_{v0}' も大きくなると言える。一方、ケースBによる試験では、鉛直有効

図-1 K_0 値の挙動(ケースA)図-2 K_0 値の挙動(ケースB)

応力 σ_v' まで軸圧载荷した後、背圧の除荷・载荷を行った。背圧の除荷に伴い K_0 値は増加し、背圧を载荷するとともに K_0 値は減少しどちらの場合もほぼ同じラインをたどっていることが分かる。このように背圧制御の場合、過圧密履歴を加えても K_0 値に著しい変化はみられず、初期有効拘束圧 σ_{v0}' も変化しないと考えられる。

同様に、図-3,4 は、ケース C,D の K_0 値の挙動をそれぞれ示したものである。ケース C では、ケース A,B の場合と同様な K_0 値の挙動が見られ、最終的に K_0 値は大きくなっており、初期有効拘束圧 σ_{v0}' の増加が確認できる。しかしながら、ケース D においては、最終的な K_0 値がケース C のときに比べ小さくなっている。その原因は今のところ明らかでないが、軸圧除荷時における K_0 値増加傾向が鉛直有効応力の値に影響を受けるからではないかと考えられる。

4. 液状化試験

図-5 に二つの制御を組み合わせた場合の液状化試験で得られた繰返し応力比 R と両振幅ひずみが 7.5% に至るまでの繰返し回数の関係を示す。ただし、過圧密比はケース C では 3、ケース D では 2 である。図-5 より液状化強度に与える過圧密効果が両者ともに認められることが分かる。

図-6 に液状化強度増加率 $(R_{OC})_v$ と過圧密比 $(OCR)_v$ の関係を示す。算定方法は参考文献¹⁾の研究により導かれている。すなわち液状化強度増加率 $(R_{OC})_v$ は

$$(R_{OC})_v = \frac{1 + 2(K_0)_{OC}}{1 + 2(K_0)_{NC}} (OCR)_v^n$$

で表され、 n の値には等方圧密により過圧密履歴を受けた場合の値を用い、平均有効主応力で表す過圧密比 $(OCR)_0$ の n 乗に比例すると仮定している。なお、今回用いた試料の n の値は繰返し三軸試験の結果より 0.5 である。図-6 より、ケース C,D ともに液状化強度増加率が同程度であり、算定値は試験値にほぼ一致していることが分かる。

4. まとめ

本研究では、軸圧制御、背圧制御および二つの制御を組み合わせた場合を想定し、 K_0 値の挙動、組み合わせた場合の液状化強度増加率を比較検討した。その結果、以下の挙動が観測された。

1. 軸圧制御の方が背圧制御よりも過圧密履歴後の K_0 値は高い。
2. 軸圧制御と背圧制御を組み合わせた場合、二つの制御法の順序により過圧密履歴後の K_0 値に差異が生じる。
3. 軸圧制御と背圧制御を組み合わせた場合、二つの制御法の順序により液状化強度増加率はほぼ変わらない。

<参考文献> 1) 永瀬・清水・廣岡・石原・古林(2003): 载荷盛土工法および地下水位低下工法により過圧密履歴を受けた砂地盤の液状化強度特性、第 58 回全国土木学会、pp.197~198。

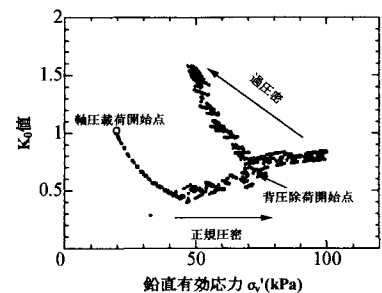


図-3 K_0 値の挙動(ケース C)

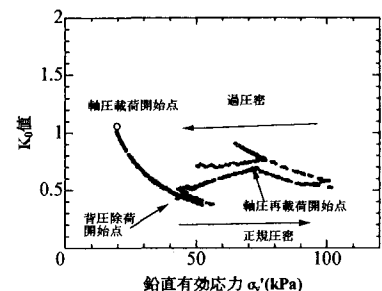


図-4 K_0 値の挙動(ケース D)

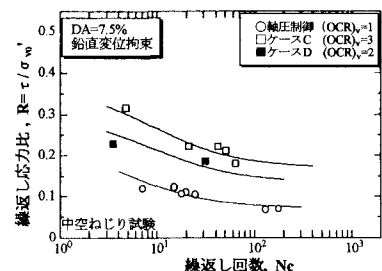


図-5 繰返し応力比と繰返し回数との関係

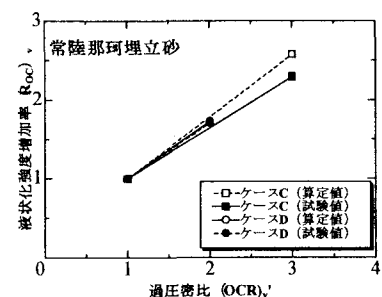


図-6 液状化強度増加率と過圧密比の関係