

過圧密および長期圧密履歴を受けた砂の液状化強度特性

九州工業大学大学院 学生会員 ○田中 大介
九州工業大学工学部 正会員 永瀬 英生 廣岡 明彦
九州工業大学工学部 古林 篤 坂口 哲哉

1. はじめに

1964 年新潟地震以降、様々な液状化対策工法が考察され、実用化されてきたが、現状では更なる向上、低コストを目指した工法の開発が期待されている。現在実用化されている中で有効な工法の1つとして、過圧密を利用した工法がある。しかし、過圧密工法が地盤に適用される際の液状化強度に与える効果、すなわち、過圧密効果、長期間圧密された地盤における過圧密効果等についてはまだ十分に明らかにされていないと考えられる。

そこで本研究では、中空ねじり試験装置を用い、正規圧密および過圧密状態に置かれた時間が液状化強度に与える影響について調べた。

2. 試料および実験方法

図 1 に粒径加積曲線を示す。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 ふるいを通して試料のみを用いた。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。

実験ケースを表 1 に示す。圧密方法は、等方圧密とし、過圧密比 1, 2 の圧密時間を 1 時間、24 時間、72 時間とした。ここでの圧密時間は最大有効拘束圧を作用させた時間である。ケース (g) においては 72 時間圧密した後、過圧密履歴を与えた。

繰返し载荷は周波数 0.1Hz の正弦波荷重を用いて行った。繰返しせん断時には、完全に液状化させるために供試体の鉛直変位を拘束した。

3. 液状化強度

図 2、図 3 に過圧密比 1, 2 のケースについて繰返し応力比と繰返し回数の関係をそれぞれ示す。

過圧密比 1 の場合、圧密時間が長くなるほど液状化強度は大きくなっていることが確認できる。これは、時間の経過につれて粒子構造の安定化が明確に現れたのではないかと推察される。過圧密比 2 の場合は、圧密時間を 3 通りに変えても液状化強度の明確な相異は見られない。

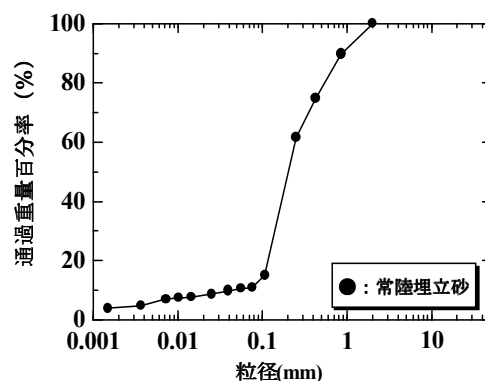


図 1 粒径加積曲線

表 1 実験ケース

ケース	圧密時間	過圧密比
(a)	1 時間	1
(b)	24 時間	1
(c)	72 時間	1
(d)	1 時間	2
(e)	24 時間	2
(f)	72 時間	2
(g)	72 時間 → 1 時間	1 → 2

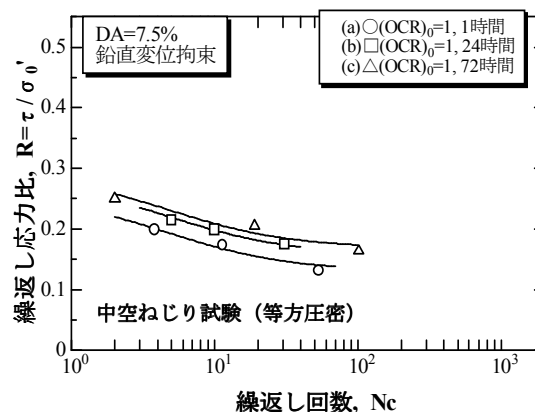


図 2 繰返し回数と繰返し応力比の関係 (過圧密比 1)

図 4 に軸ひずみと圧密時間の関係を示す。過圧密比 1 の場合、1 時間までのひずみが大きく、その後 1 時間から 72 時間の間もひずみが生じている。一方、過圧密比 2 の場合、1 時間まではひずみが大きく生じているが、24 時間から 72 時間では 1 時間までのひずみに比べ割合は小さい。そのため過圧密比 2 の場合、圧密を 1 時間行う間に粒子間構造が安定してしまい、24 時間、72 時間などの長時間の圧密を行っても 1 時間以降は粒子構造に大きな変化は現われなかったと推察される。

ケース(f)とケース(g)を比較すると、ともに長期圧密および過圧密により軸ひずみを生じるが、最後の地点において軸ひずみの差は小さい。このため、ケース(d)、(e)、(f)とケース(g)の液状化強度増加率に差が生じなかったものと思われる。また、過圧密比 1 の場合(図 2)と過圧密比 2 の場合(図 3)を比べると、ケース(c)よりもケース(d)、(e)、(f)の方が液状化強度は多少大きくなっている。これは、過圧密比 1 と 2 で 72 時間後における軸ひずみに大きな差があるからと考えられる。また、72 時間以降の軸ひずみの増加は極めて小さいと予測されるため、過圧密比 1 で長期圧密しても液状化強度は過圧密比 2 の場合の液状化強度と等しくなるまでは増加しないのではないかと推察される。ただし、現状ではデータ数が少ないため、さらに検討が必要であろう。

図 5 に過圧密比 1 と過圧密比 2 のそれぞれの圧密時間に対する液状化強度の変化を示す。この図は、それぞれの過圧密比において圧密時間を 1、24、72 時間とした場合の繰返し回数 20 回における繰返し応力比を圧密時間 1 時間での繰返し回数 20 回における繰返し応力比で除した値を表している。

過圧密比 1 の場合は、圧密時間が 1 時間から 24 時間にかけて液状化強度が大きくなっていることを確認できるが、圧密時間 24 時間から 72 時間にかけては圧密時間 1 時間から 24 時間と比べると、倍の時間が経過しているにも拘らず、液状化強度の増加は小さくなっている。過圧密比 2 の場合は、圧密時間が 1～72 時間の間で液状化強度に対する圧密時間の影響はほとんど見られないことが確認できる。これらの要因は粒子構造の安定化にあると思われる。

4. まとめ

中空ねじり試験装置を用い、圧密時間と過圧密比を変えて繰返し試験を行った結果、次のことが明らかになった。すなわち、(1)過圧密比 1 の場合、圧密時間が長いほど液状化強度は増加する。ただし、経過時間が長いほどその増加割合は小さくなる。(2)過圧密比 2 の場合、長期圧密が液状化強度に及ぼす影響はほとんど見られない。(3)長期圧密後に過圧密履歴を与えた場合は、過圧密履歴のみを与えた場合と変わらない液状化強度を示す可能性がある。

<参考文献>永瀬英生・清水恵助・廣岡明彦・福島英晃・篠崎友利・古林篤・石原弘樹・載荷盛土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、土木学会第 58 回年次学術講演会

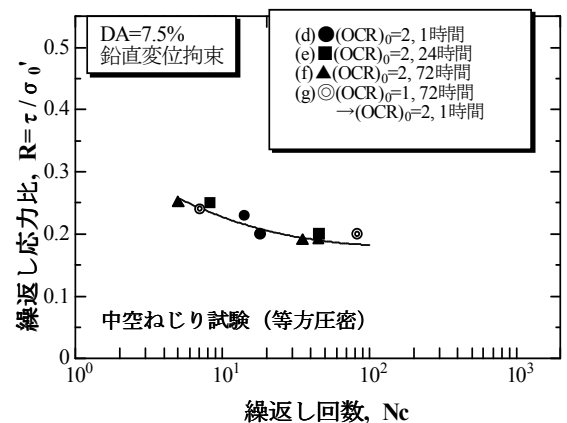


図 3 繰返し回数と繰返し応力比の関係 (過圧密比 2)

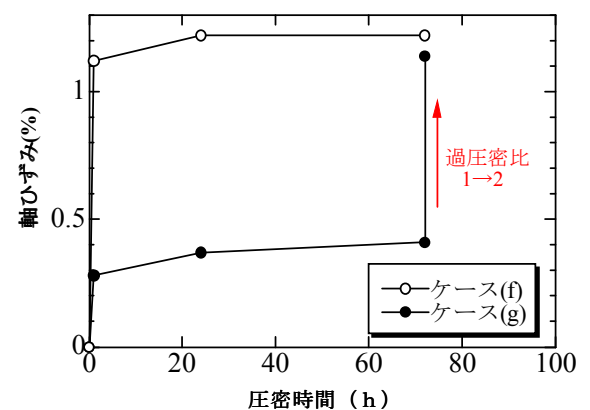


図 4 軸ひずみと圧密時間の関係

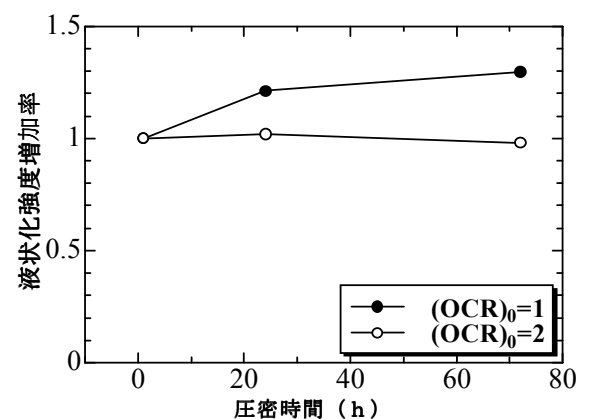


図 5 液状化強度増加率と圧密時間の関係