

Ⅲ-A77 Ko 圧密条件下で過圧密された豊浦砂の液状化強度特性

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 廣岡 明彦
同 上 正会員 清水 恵助

1. まえがき

一般に、砂質土は過圧密履歴を受けると液状化強度が増加することが知られている。この効果を検討する目的でこれまで室内要素試験として繰返し三軸試験が行われてきた。しかし、Ko 応力状態を再現した試験はほとんど行われていない。そこで本研究では、二重セル型繰返し中空ねじりせん断試験装置を用いて、まず Ko 圧密試験を行い、次に Ko 圧密条件下で過圧密された豊浦砂の液状化強度特性を調べ、過圧密による砂の液状化強度増加について検討した。

2. 試料および試験方法

表 1 に試験ケースを示す。試料には豊浦砂を用いた。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。等方圧密での過圧密履歴は所定の平均有効主応力 σ'_o で圧密した後、所定の過圧密圧力で圧密し、その後 σ'_o まで除荷し、放置する方法で与えた。Ko 圧密の場合は、毎分 0.02kgf/cm^2 の速度で軸圧縮応力を与えて側方ひずみ ϵ_h が $\pm 0.05\%$ 以下に収まるようにし、鉛直有効応力 σ'_v を载荷・除荷することによって過圧密履歴を与えた。繰返し载荷は、周波数 0.1Hz の正弦波を用いて行った。なお、繰返し载荷時にはクランプを締め、鉛直変位を拘束した。過圧密比(O.C.R.) $_v$ は等方圧密、Ko 圧密ともに過圧密履歴を与えたときの鉛直有効応力 σ'_v を繰返し载荷時の初期鉛直有効応力 σ'_{v0} で除した値で表す。

3. Ko 圧密試験

図 1 に Ko 圧密試験における鉛直有効応力 σ'_v と Ko 値の関係を示す。この試験では、 $K_o=1.0$ すなわち $\sigma'_{vi}=\sigma'_{hi}=19.6\text{kPa}$ を初期状態とし、鉛直荷重の载荷・除荷を行った。ここに、 σ'_{vi} および σ'_{hi} は Ko 圧密の初期状態での鉛直および水平有効応力を示している。この図より Ko 値は初期状態から鉛直有効応力 σ'_v の増加とともに減少し、 σ'_v が 50kPa を越えると、 $0.45\sim 0.50$ 程度の値に落ち着いている。この結果より、Ko 値の平均はおおよそ 0.47 である。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 Ko 値は増加していることから、過圧密過程では過圧密比が大きくなるほど、繰返し载荷直前の Ko 値は大きくなり、平均有効主応力 σ'_o も大きくなると考えられる。

4. 液状化試験

図 2~4 は表 1 に示したそれぞれの試験における繰返し応力比 R と両液状化、砂、繰返し荷重、Ko 圧密、過圧密

表 1 試験ケース

ケース	圧密方法	過圧密比 (O.C.R.) $_v$	初期鉛直有効応力 σ'_{v0} (kPa)
(A)	等方圧密	1, 2, 4	49
(B)	Ko 圧密	1, 2, 4	76.2
(C)	Ko 圧密	1, 2, 4, 6	42.2

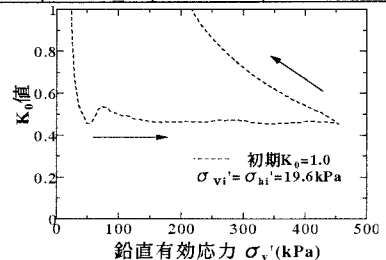


図 1 鉛直有効応力 σ'_v と Ko 値の関係

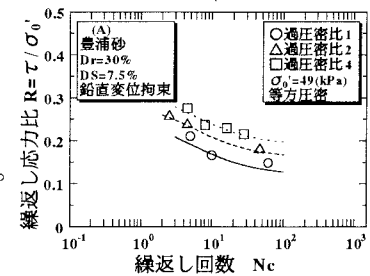


図 2 R と Nc の関係

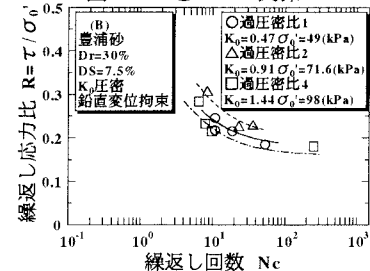


図 3 R と Nc の関係

振幅せん断ひずみ DS=7.5%に至るまでの繰返し回数 N_c の関係を示したものである。これらの図において過圧密比 2 までは、繰返し応力比は、過圧密比が増加するにつれて繰返し回数にかかわらず増加している。また、過圧密比 1, 2 での繰返し応力比は K_0 圧密で行った試験のほうが等方圧密の試験より大きな値を示している。これは、

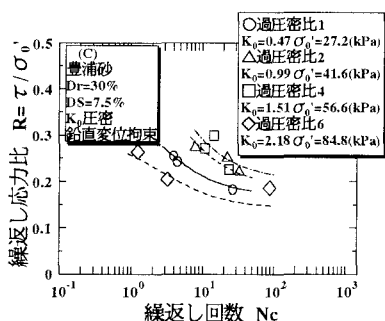


図4 R と N_c の関係

K_0 圧密により圧密時に供試体の側方変位が拘束され、鉛直変位のみが生じることによって、供試体内の粒子構造がより安定化したためではないかと考えられる。

図2~4より過圧密履歴による液状化強度増加率 R_{oc} を求め、過圧密比に対しプロットしたのが図5である。ただし、 R_{oc} は繰返し回数 20 回での繰返し応力比から求められる。この図から、ケース(A)については過圧密比が増加すると R_{oc} が増加し、液状化強度に対する過圧密履歴の効果が確認できるが、ケース(B)、(C)では、 R_{oc} は減少し、過圧密履歴の効果が確認できない場合がある。次に、これらのデータを $R_{oc} = (O.C.R.)_v^n$ で近似すると n の値は、(A)の条件では 0.25、(B)の条件で過圧密比 2 までにおいては 0.16、(C)の条件で過圧密比 4 までにおいて 0.21 という値になった。

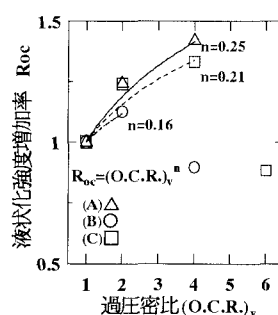


図5 R_{oc} と $(O.C.R.)_v$ の関係

また、図3の過圧密比 4 および図4の過圧密比 6 の条件では過圧密比 1 の場合より繰返し応力比が小さくなっている。これらの原因を明らかにする目的で、図6にケース(B)、(C)の試験による繰返し応力 τ と DS=7.5%に至るまでの繰返し回数 N_c の関係を示す。この図より繰返し回数 20 回での τ を読み取り、その値を τ_{20} とし、 τ_{20} と平均有効主応力 $\sigma'₀$ の関係、 τ_{20} と過圧密比 $(O.C.R.)_v$ の関係をそれぞれ図7、8に示す。これらの図より、それぞれの試験において τ_{20} は平均有効主応力、過圧密比の増加に伴い一定の値に徐々に近づきつつあることが分かる。このことより、過圧密比の増加による繰返し応力 τ の増加に限界があるのではないかと考えられる。さらに、鉛直有効応力を制御して過圧密履歴を与えることにより、過圧密の除荷過程で K_0 値が増加し、繰返し応力比の分母である初期平均有効主応力が増加することによって、前述したように繰返し応力比が小さくなったものと考えられる。

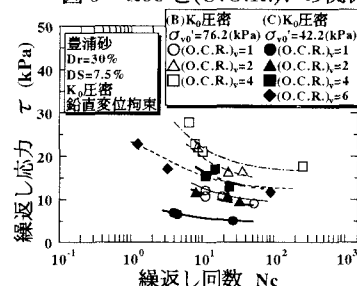


図6 τ と N_c の関係

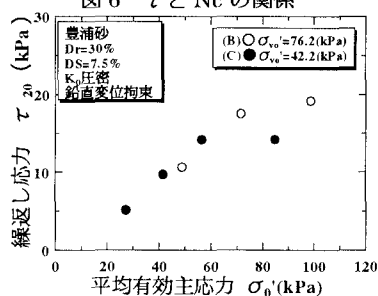
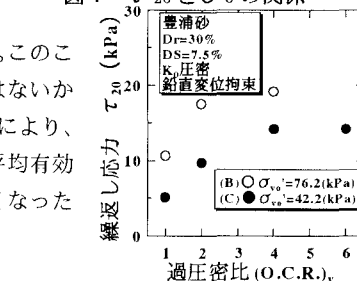


図7 τ_{20} と $\sigma'₀$ の関係



5. まとめ

K_0 圧密条件下で過圧密された豊浦砂の液状化特性を調べた結果、過圧密比 1、図8 τ_{20} と $(O.C.R.)_v$ の関係 2 の条件では K_0 圧密することにより等方圧密の試験に比べ液状化強度比が大きい値を示した。また、 K_0 圧密で過圧密されたときの液状化強度比 $\tau/\sigma'₀$ は過圧密比の増加とともに減少する場合があった。 K_0 圧密条件下における過圧密効果を調べる場合は、過圧密比または液状化強度比の表し方についてもさらに検討する必要があると考えられる。

<参考文献> 1) 安田・永瀬・穴道・内堀・吉田：拘束圧が液状化の過圧密効果に与える影響、第 29 回土質工学研究発表会講演集要集、pp.733~736、1994。 2) 地盤工学会：土の K_0 圧密非排水三軸圧縮試験方法、土と基礎、No.9、pp.79~84、1995。