

K₀ 圧密条件下で過圧密された豊浦砂の液状化特性

九州工業大学大学院 学生員 ○持永 修史 九州工業大学工学部 正会員 永瀬 英生
九州工業大学工学部 正会員 廣岡 明彦 九州工業大学工学部 正会員 清水 恵助

1. まえがき

一般に、砂の液状化強度は過圧密履歴を受けると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繰返し三軸試験等の室内要素試験が行われてきたり。しかし、水平地盤内における K₀ 応力状態を再現した繰返し試験はあまり行われていない。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、その装置に供試体の鉛直変位を拘束するための改良を加え、K₀ 圧密条件下で過圧密された豊浦砂の液状化特性を調べて、過圧密による液状化強度の増加に与える圧密方法の影響について検討した。

2. 試験装置および実験方法

試験装置を図 1 に示す。これは自由水面を持つ解放型の二重セル型繰返しねじりせん断試験装置にパーソナルコンピュータ等を組み合わせて自動制御システム化したものである。このシステムは、供試体の体積変化量を 12 ビット A/D ボードを介して側方ひずみ量に換算し、側方ひずみ量が許容値以下になるように側圧の調整を 16 ビット D/A ボードを介して電空変換器へ指令するフィードバックシステムである。K₀ 圧密の際は、毎分 0.02kgf/cm² の速度で軸圧縮力を与えて側方ひずみ ϵ が ±0.05% 以下に収まるようにした。本装置は、内セルの自由解放水面積をできるだけ小さくして、水位変化量の精度を向上させ、その変化量を差圧計で測定している。

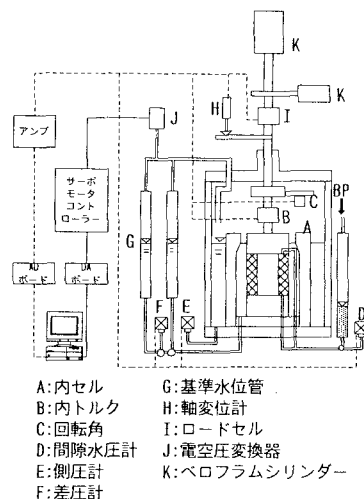
試料には豊浦砂を用いた。供試体は、外径 10cm、内径 6cm、高さ 10cm の中空円筒形とし、空中落下法で相対密度 Dr=30% になるように作製した後、二酸化炭素と脱気水で十分に飽和させた。

3. K₀ 圧密試験

図 2 に K₀ 圧密試験における鉛直有効応力と K₀ 値の関係を示す。この試験では、① K₀=1.0 すなわち $\sigma'_{v0} = \sigma'_{h0} = 19.6\text{kPa}$ と② K₀=0.47 すなわち $\sigma'_{v0} = 42.2\text{kPa}$ 、 $\sigma'_{h0} = 19.6\text{kPa}$ を初期状態とし、鉛直荷重の載荷・除荷を行った。ここに、 σ'_{v0} および σ'_{h0} は初期鉛直および水平有効応力を示している。①の場合、K₀ 値は初期状態から鉛直有効応力 σ'_v の増加とともに増加し、 σ'_v が 50kPa を越えると、0.45~0.50 程度の値に落ち着いている。この結果より、K₀ の平均値はおおよそ 0.47 である。②の試験では、初期状態から K₀ 値が 0.40~0.50 程度であり、鉛直有効応力が増加しても、この値はあまり変化せず、①の試験結果と比較的よく一致している。以上の結果より、K₀ 圧密の初期状態では平均の K₀ 値を用いて、K₀=0.47、 $\sigma'_{v0} = 42.2\text{kPa}$ とし、圧密時は常に K₀ 応力状態を保持した。

4. 液状化特性

過圧密履歴は、所定の過圧密比となる鉛直有効応力 σ'_v まで K₀ 圧密した後、 $\sigma'_v = 76.2\text{kPa}$ まで除荷する方法で与えた。繰返し載荷は、周波数 0.1Hz の正弦波荷重で行った。なお、繰返し載荷時にはクランプを締



A: 内セル G: 基準水位管
B: 内トルク H: 軸変位計
C: 回転角 I: ロードセル
D: 間隙水圧計 J: 電空圧変換器
E: 側圧計 K: ヘロフラムシリンダー
F: 差圧計

図 1 K₀ 圧密載荷および繰返し中空ねじり試験装置

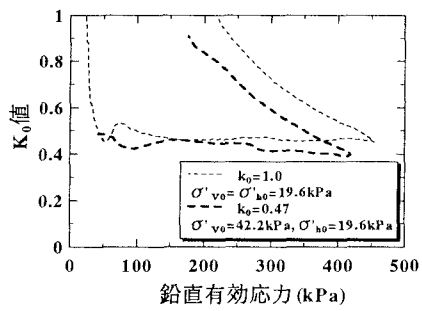


図 2 鉛直有効応力と K₀ 値の関係

め、鉛直変位を拘束した。液状化の判定は両振幅せん断ひずみ $DS=7.5\%$ に達した時点とし、液状化強度比 R_{l20} は繰返し回数が 20 回での繰返し応力比 τ/σ'_v とした。ただし、繰返し応力比 τ/σ'_v はせん断応力 τ を初期平均有効主応力で正規化したものである。

図 3、図 4 は繰返し載荷時の時刻歴を示したものである。これらの図から、過剰間隙水圧比が 1.0 に達するとともにせん断ひずみが急増する、いわゆる液状化挙動が明確に見られる。また、液状化時には、鉛直・水平有効応力がゼロに至り、鉛直全応力が初期水平有効応力に至っていることも分かる。

図 4 に等方圧密および K_0 圧密した場合の繰返し応力比と繰返し回数の関係を示す。繰返し応力比 τ/σ'_v 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ほぼ同一の割合で増加している。また、 K_0 圧密のときの方が等方圧密のときより液状化強度は大きい値を示している。

過圧密履歴による液状化強度の増加傾向は液状化強度増加率 R_{oc} でよく表される。図 5 は、 R_{oc} と過圧密比 (O.C.R.) の関係を示したものである。この図から、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。これらのデータを $R_{oc}=(O.C.R.)^n$ で近似すると、等方圧密で $n=0.25$ 、 K_0 圧密で $n=0.16$ という値が得られた。図 7 に過圧密履歴体積ひずみと過圧密比の関係を示す。過圧密履歴体積ひずみは圧密方法の違いの影響をほとんど受けていない。以上のことから、 K_0 圧密では側方変位が拘束され鉛直変位のみ生じるが、等方圧密では鉛直変位のみならず側方変位も生じ、両者において粒子の堆積構造が異なってくるため液状化強度および n の値も異なる値を示したのではないかと考えられる。

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、 K_0 圧密することにより、液状化強度は増加し、過圧密履歴による液状化強度増加率は小さくなることが分かった。

<参考文献>

- 1) 安田・永瀬・宍道・内堀・吉田(1994)：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概要集、pp.733~736
- 2) 地盤工学会(1995)：土の K_0 圧密非排水三軸圧縮試験方法、土と基礎、Vol.43、No.9、pp.79~84

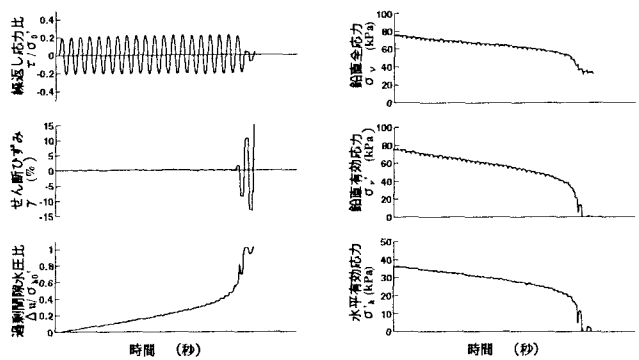


図 3 時刻歴

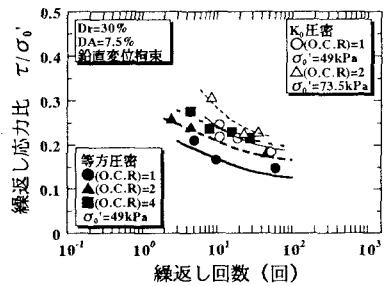


図 4 繰返し応力比と繰返し回数の関係

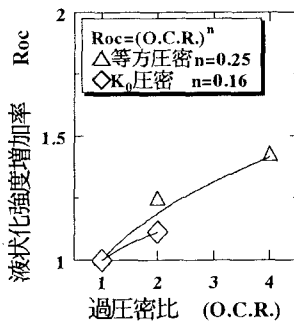


図 5 液状化強度増加率と過圧密比の関係

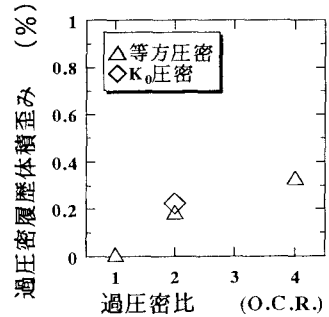


図 6 過圧密履歴体積ひずみと過圧密比の関係