

東京電力KK ○ 正員 海津 信廣
長岡技術科学大学 正員 小川 正二

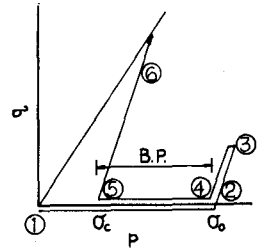
1. まえがき

飽和砂の液状化強度は砂が以前に受けたせん断履歴・過圧密履歴などによって異なることはよく知られている。本報告はこのような液状化強度への応力履歴の影響を明白にし、出来るならば、静的試験によって液状化の発生機構を解明することを目的としている。そのために、せん断履歴と過圧密履歴を受けた飽和砂の圧密非排水試験を行い、せん断時の変形特性、降伏曲線、臨界過圧密比への応力履歴の影響を検討したので、ここにその結果を報告する。

2 実験方法

実験に用いた砂は比重 2.69, $e_{max} = 1.02$, $e_{min} = 0.61$ (試料 A) と比重 2.67, $e_{max} = 1.04$, $e_{min} = 0.65$ の新潟砂である。実験は図-1 のような応力経路で行った。すなわち、①で圧密した後に③までせん断して④に戻し、その後、拘束圧力を⑤に低下させる。このようにして、砂にせん断履歴・過圧密履歴を与え、最後に⑥までせん断した。

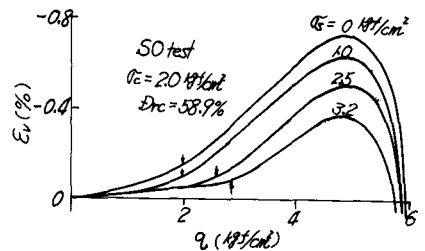
実験時の間隙比は、図-1 の⑤の状態では $e = 0.80 \sim 0.82$ とした。なお本文においては、先行せん断時に加えた最大軸差応力 (図-1 の③) を σ_s で、そのときの最大軸ひずみを ε_s として表わすことにする。



3. せん断履歴・過圧密履歴を受けた砂の変形特性

図-2 はせん断時の有効拘束圧力 $\sigma_c = 2.0 \text{ kgf/cm}^2$ 、過圧密比 $O.C.R = 2$ の条 図-1 実験時の応力経路

件で、 σ_s を $1.0 \sim 3.2 \text{ kgf/cm}^2$ まで変化させたときの体積ひずみ (ε_v : 圧縮を負で示す) と軸差応力 (σ) の関係を示している。図より、せん断の初期では、 σ_s の大きさに関係なく、 $\varepsilon_v \sim \sigma$ 曲線の傾きがほぼ等しいことがわかる。また、軸ひずみ~軸差応力曲線の初期の傾きも σ_s の大きさに関係なく、ほぼ一定の値をとっている。さらに、 $\varepsilon_s = 0.22\%$ とし、過圧密比を変化させたときの $\varepsilon_a \sim \sigma$ 曲線の初期の傾きも $O.C.R$ に関係なくほぼ一定となる (図-3)



過圧密履歴のみを受けた砂では、過圧密比が大きいくほど、 $\varepsilon_a \sim \sigma$ 関係の傾きが大きく¹⁾²⁾、体積ひずみと軸差応力の増分の比 ($\Delta \varepsilon_v / \Delta \sigma$) 図-2 せん断時の $\varepsilon_v \sim \sigma$ 関係

が小さくなることを考えると、過圧密履歴とせん断履歴では砂の変形特性に与える影響が異なり、両者を同時に受けるときには、せん断初期には過圧密履歴よりせん断履歴の影響の方が大きいといえる。

さらに、 $\varepsilon_v \sim \sigma$ 関係で体積ひずみが急増するときの σ (図中の矢印) をみると、過圧密履歴のみを受けた砂のそれを σ_c 、せん断履歴も受けたときの値を σ_v とすると、 $\sigma_s < \sigma_c$ の場合には、体積ひずみは、軸差応力が σ_s に達すると徐々に増加し、 $\sigma_v = \sigma_c$ となる。一方、 $\sigma_s > \sigma_c$ の場合には、 σ_s が小さいと $\sigma_v = \sigma_s$ であるが、 σ_s が大きくなると、 $\sigma_v < \sigma_s$ となる。したがって、せん断履歴のみを受けた場合には、 $\sigma_v = \sigma_s$ となるが、せん断履歴・過圧密履歴を受けた場合には、

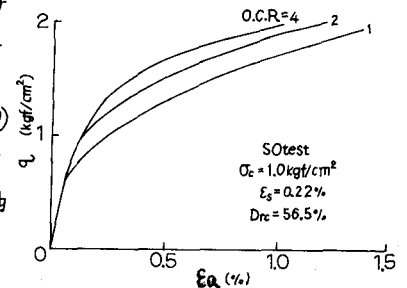


図-3 $\varepsilon_s = 0.22\%$ を受けた砂の過圧密時の $\sigma \sim \varepsilon_a$ 関係

$\sigma_s < \sigma_c$ の範囲では、体積ひずみの増大率は過圧密履歴に支配されるといえる。

図-2をみると体積ひずみが増大した後の $\epsilon_v \sim \sigma$ 曲線は、 $\sigma_s = 3.2 \text{ kgf/cm}^2$ の供試体以外は $\sigma_s = 0$ の $\epsilon_v \sim \sigma$ 曲線の傾きとほぼ平行になっている。このことを明確にするために、 $|\Delta \epsilon_v / \Delta \sigma| \sim \sigma$ 関係を求めると、図-4のようになり、 $|\Delta \epsilon_v / \Delta \sigma|$ は軸差応力 σ が増加すると、 $\sigma_s = 0$ の曲線に漸近してゆくことがわかる。

以上のことより、せん断履歴と過圧密履歴を受けた砂の変形特性はせん断初期には、せん断履歴に支配されるが、その影響は変形の増加とともに次第に減じ、その後には、過圧密履歴の影響を強く受けることがわかる。また体積が膨張する時には、過圧密砂のダイレクشنシー比が正規圧密のそれに等しくなるため、この状態では応力履歴の影響は全く失われることになる。

4. 砂の降伏特性

非排水試験での間隙水圧の変化は、排水試験での体積変化に対応しているので、本報告では、 $\sigma_v \sim \sigma$ 関係において、体積ひずみの急増する点に着目し、これを降伏点とした。

過圧密比の異なる図-3のような曲線より、上述のようにして定義して求めた降伏曲線は図-5の点線で示すようになる。図中には龍岡らの定義した降伏曲線(図中の実線)も示してある。両者を見ると、その形状はほぼ同じであるが、ここに定義した方法によると、せん断履歴・過圧密履歴を受けた砂の降伏曲線は過圧密履歴のみを受けた砂の降伏曲線と平均主応力軸に囲まれた範囲には存在しえないことがわかる。

5. 臨界間隙比

小川³⁾らは、任意の軸ひずみにおいて、体積ひずみがゼロとなるとき、過圧密比を臨界間隙比を臨界過圧密比 (OCR_{crit}) とし過圧密履歴のみを受けた砂の $OCR_{crit} - e_a$ 曲線(図-6の実線)を求めたが、同様の方法で $\sigma_c = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ で、せん断履歴と過圧密履歴を受けた砂の $OCR_{crit} - e_a$ 曲線を求めると図中の点線のようになり、せん断履歴を受けると、同じ拘束圧力でも $OCR_{crit} - e_a$ 曲線は以前に受けたせん断ひずみが大いほど左側に移る。したがって、せん断履歴を受けた砂は圧縮時の体積圧縮はさし難く、非排水条件の場合には間隙水圧が発生し難いことになる。

6. あとがき

液状化の発生機構を静的試験から解明することを目的として、せん断履歴・過圧密履歴を受けた砂のせん断特性を検討したが、今後は静的な圧縮・引張を受ける応力履歴を受けた砂の排水・非排水条件における変形特性、間隙水圧の挙動を明白にする予定である。

参考文献 1)たとえば、山田,石原,山下(1974): 過圧密砂におけるせん断特性: 第9回土質工学研究発表会講演集
2)小川,海津,小管(1981): 砂の臨界過圧密比に関する一考察: 第36回土木学会年次学術講演会概要集
3)龍岡,吉原(1974): 三軸試験における砂の降伏特性について: 第9回土質工学研究発表会講演集

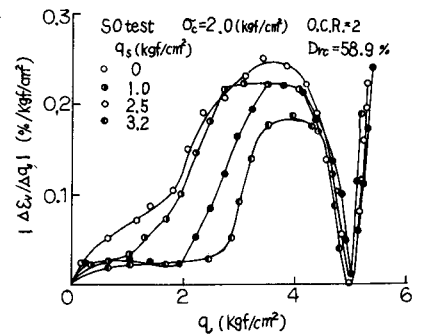


図-4 $|\Delta \epsilon_v / \Delta \sigma| - \sigma$ 関係

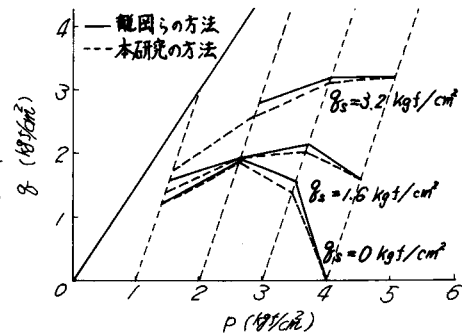


図-5 降伏曲線の比較

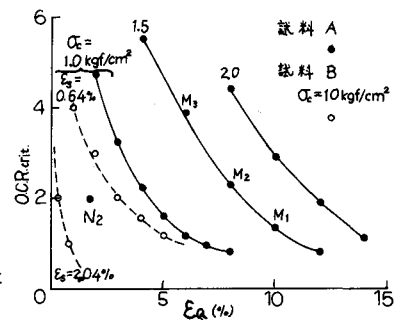


図-6 OCR_{crit} と e_a の関係