

第Ⅲ部門 砂の静的伸張および圧縮試験による液状化特性の比較

立命館大学大学院 学生員 ○三浦嘉也
立命館大学理工学部 フェロー 竹下貞雄
立命館大学大学院 学生員 久保尚志

1. まえがき

自然に堆積した土は、構造的に異方性があるといわれている。三軸試験で供試体を作製する場合も上から詰めてゆくので自然の土と同じ構造と考えるとよいと思われる。本論文では、同一砂による圧密非排水三軸圧縮試験と圧密非排水三軸伸張試験の結果から、間隙水圧の挙動、せん断力の挙動を調べ、供試体の異方性について、一定の成果を得たので報告する。

2. 試料

試料として静岡県の吉田砂、鳥取砂を水洗いし、乾燥させた後、2mmふるいを通過したものを用い、物理的性質および粒径加積曲線を Table1、Fig.1 に示す。

Table1 物理的性質

	鳥取砂	吉田砂
G_s	2.643	2.660
e_{max}	1.008	0.994
e_{min}	0.638	0.605
$D_{10}(mm)$	0.14	0.12
$D_{30}(mm)$	0.19	0.15
$D_{60}(mm)$	0.30	0.18
U_c	2.14	1.50
U'_c	0.86	1.04

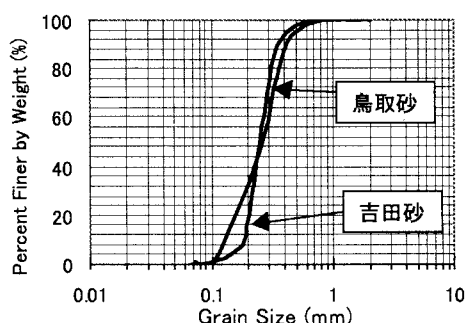


Fig.1 粒径加積曲線

3. 試験方法

供試体寸法は直径 50 mm、高さ 100 mmとした。供試体作製法として、Wet Tamping 法により緩い砂 ($D_{rc} = 0\%$ 程度)、空中落下法により締まった砂 ($D_{rc} = 40\%$ 程度) を作製した。

供試体内部の飽和度を 100%にするために 30 分の CO_2 通気、毎分 $2cm^3$ で $300cm^3$ の脱気水の通水、および $5kgf/cm^2$ の背圧 (Back Pressure) をかけて完全に飽和させた。試験時の供試体の飽和度は、試験後に間隙水圧係数 B 値で確認した。段階的に所定の側圧を等方に作用させ、圧密を開始する。排水量を測定し、供試体の体積変化を計算する。

伸張試験ではひずみ速度 0.5%、非排水条件下で軸変位量が 15mm になるまで連続的に伸張り、圧縮試験ではひずみ速度 1.0%、非排水条件下で軸変位量が 30mm になるまで連続的に圧縮する。試験中に軸変位量 ε (%), 軸差応力 $q(kgf/cm^2)$ 、間隙水圧 $\Delta U(kgf/cm^2)$ を測定する。

4. 試験結果と考察

圧縮試験と伸張試験による様々な挙動の変化の違いは、初期状態を一定にして行くと比較し易いことから、圧縮と伸張でできる限り同じ状態の供試体を作るために圧密後の相対密度を圧縮・伸張共に約 40%、側圧を $6kgf/cm^2$ 、ひずみ速度は $0.5mm/min$ とし、試料として吉田砂を用いた。

Fig.2 は縦軸に軸差応力 (kgf/cm^2)、横軸に平均有効主応力 (kgf/cm^2) を示したもので、Fig.3 は縦軸に軸差応力 (kgf/cm^2)、

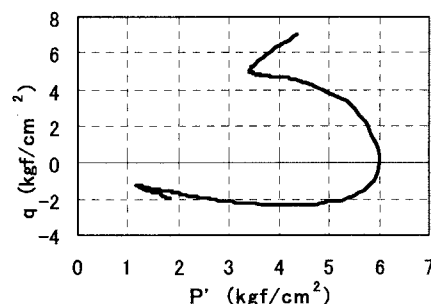


Fig.2 応力経路

横軸に軸ひずみ量(%)を示した図である。これらの図で、軸差応力の正の値が圧縮試験、負の値が伸張試験で得られた結果である。Fig.2 と Fig.3 から、同じ初期条件下で、圧縮側では非流動化挙動を示しているのに対し、伸張側では流動化挙動を示し液状化(ひずみ軟化)していることが見てとれる。

このように、同じ初期条件下でも主応力の回転(圧縮と伸張)により、軸差応力すなわちせん断力の挙動が著しく異なっており、伸張試験は圧縮試験より液状化を発生しやすいことが分かる。

Fig.4 は、縦軸に間隙水圧(kgf/cm²)、横軸に軸ひずみ量(%)を示した図である。この図も Fig.2、Fig.3 と同じ初期条件下での関係を示しているが、軸ひずみが正の値が圧縮試験、負の値が伸張試験で得られた結果を示している。圧縮、伸張どちらも±2%までに間隙水圧が急激に増加し、やがて徐々に減少する。伸張の方が圧縮よりも間隙水圧がゆっくりと増加している。これは、供試体が変形することにより過剰間隙水圧が発生することから、伸張試験の方が、せん断力の発生割合が圧縮試験より低いからであると思われる。間隙水圧の挙動も同一初期条件下での主応力の回転によって変わることが分かる。

Fig.5 は縦軸に圧密後の間隙比、横軸に最小平均有効主応力(kgf/cm²)をとって試験結果をプロットした、Steady State Line である。このグラフから圧縮側、伸張側を比較すると伸張時のプロットが下に来ている。これは、同一間隙比において p'_{min} が小さく、残留応力が小さいことを示している。そのため、伸張時の方が液状化しやすいということがわかる。(右図において△は圧縮試験、×は伸張試験で得られたデータである。)

Fig.6 は横軸に R_p 、縦軸に R_q をプロットしたものである。 $R_p = p'_{min}/p'_{max}$ 、 $R_q = q_{min}/q_{max}$ と定義する。同じ R_p の値で R_q の値を比較すると、伸張側の方が小さくなることから伸張の方が液状化しやすいことがわかる。また、 R_p と R_q は比例関係にあることから、締まった砂でプロットされる大きい R_p 、 R_q の値から、緩い砂でプロットされる小さい R_p 、 R_q の値を得ることができる。従って、実験の行いやすい締まった砂の試験結果から Critical State Line を用いることにより、緩い試験における破壊点と定常状態点を予測することができる。(△、×は Fig.5 と同じ。)

5. 結論

- 圧縮試験よりも伸張試験の方が液状化が発生し易い。
- 砂の供試体には異方性がある。

〈参考文献〉竹下貞雄：砂の液状化に関する実験的研究(1998) かもがわ出版

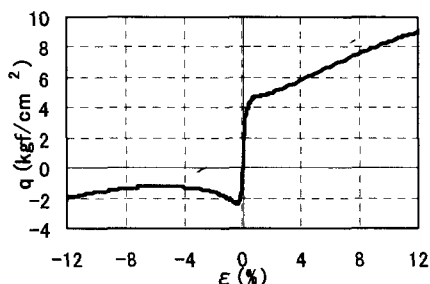


Fig.3 軸差応力と軸ひずみの関係

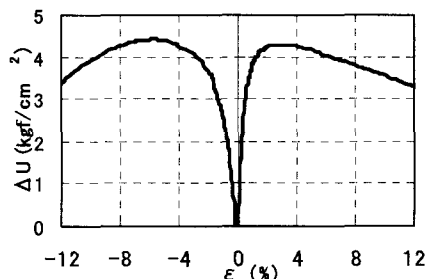


Fig.4 間隙水圧と軸ひずみの関係

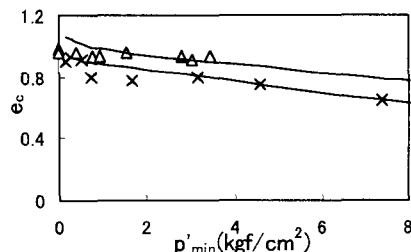


Fig.5 Steady State line (吉田砂)

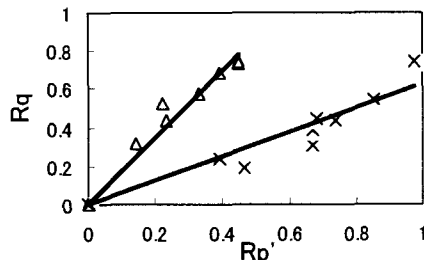


Fig.6 R_q と $R_{p'}$ の関係 (吉田砂)