

日本大学生産工学部

学生員

○関 真一

東京大学大学院

学生員

村松正重

東京大学生産技術研究所

正 員

龍岡丈夫

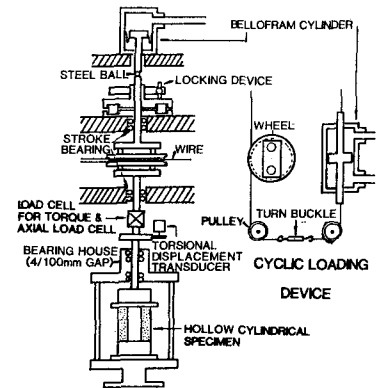
はじめに： 近年構造物を建設する際に、砂の液状化問題が論議されているが、設計段階においてゆるい砂の液状化問題はもちろんの事、密な砂における液状化問題も検討の対象とな、てきている。しかし、ゆるい砂の液状化問題を扱った研究は多くあるが、密な砂の液状化問題を扱う研究は非常に少ないようである。本研究では、動的ねじり単純せん断試験機を用いて、ゆるい砂から密な砂までの広範囲にわたる密度の供試体について、液状化強度を検討したものである。

動的ねじり単純せん断試験機について²⁾： この動的ねじり単純せん断試験機(以下CTSSAと表わす)は、ベルロフラムシリンドーを空気圧により作動させ、その荷重をワイヤーによりロードに回転力として伝える。そして、そのトルク力で、中空の供試体にせん断力を加えられるようにしている。この試験機の機構図をFig-1に示す。右図は、トルクを加える装置である。この装置システムを用いる事により、既述の実験によく見られたみずみ発生時に於いて荷重が減少してしまうという不備を極力抑える事ができた。(Fig-2参照)

試験方法： 本実験では、供試体の作製方法として、空気乾燥砂を落下高一定のもとで散布し、所定の密度は、落下高士を調節する事により得る。空中落下法(Air Pluviation)を用いた。しかし、予定した密度を正確に作り出す事は困難なため、応力比を一定のもとに相対密度を適当に変化させて実験を行ない、これを数段階の応力比にわたって実行した。供試体は通常のメンブレン(0.07^{cm})を用いて、中空の供試体(内径6^{cm}、外径10^{cm}、高士10^{cm})とし、拘束圧は1.0^{kg/cm²}で等方である。また試料は、標準標準砂($G_s = 2.64$, $e_{max} = 0.96$, $e_{min} = 0.64$)を用いて試験を行った。この試験方法の概要をTable-1に示す。

液状化の定義： 今までは初期液状化で決められているのが大半であり、それは比較的ゆるい砂では妥当と思われるが、密に締った砂においては初期液状化の時点が不明であり、さらに土と水間隙水圧が100%に達しても変形に対する抵抗性はまだ残っていることから、この定義は好ましくない。したがって本研究では発生した両極端のせん断ひずみ(以下DAと略す)の大きさにより、定義した。

実験結果： 前にも述べたが、本研究で精度が高い実験を



SCHEMATIC DIAGRAM OF CYCLIC TORSIONAL SIMPLE SHEAR APPARATUS

Fig-1 機構図

Wave Form	Sine(0.5Hz)
Loading Equipment	Pneumatic
Torque pick up	Outside of the cell
Piston seal	No seal
Specimen outer diameter in mm	100
Specimen inner diameter in mm	60
Specimen height in mm	100
Specimen made on cell	yes
Time to saturate	2hr
Back pressure in kgf/cm ²	1.0
Consolidation pressure in kgf/cm ²	isotropic $\sigma_a = \sigma_r = 1.0$
B-value	0.96 or more

Table-1 試験条件

行い得た理由の一つとして、載荷システムの圧力供給能力が十分であった事が上げられる。その結果、みずみぎ後に繰り返し荷重が減少せず、正確に液状化挙動をとらえる事ができた。これは、Fig. 2を見れば明らかである。Fig. 3-2は、このようにして得られた結果から、15% DA時の応力比とせん断繰り返し荷重との関係をプロットしたものである。これより、応力比 τ/σ' が0.28付近でどの曲線も急激に立ち上がり、砂のせん断特性が異なっていることを示している。また、それぞれの D_r での曲線が平行であり、応力比が小さい所でも、曲線群が一致してしまう事はないため、液状化強度と D_r の間には、相関性があると思われる。Fig. 3-4は、繰り返し載荷回数 $N_c=10$ 回時の5% DA、15% DA、初期液状化の応力比と D_r の関係を示したものである。このグラフより、およそ $D_r=85\%$ 以上では、砂のせん断特性が異なってくる事がわかる。また、 D_r が85%付近以上では、各DAに対しての強度は D_r に比例し、かつ値も小さく、定義による差がほとんどないが、 D_r が85%付近以上では、曲線は急激に立ち上がりを示し、定義による差も大きくなり、密度の大きな所ではかなり大きな液状化強度を示している。

まとめ : 本研究では、ゆるい砂の液状化強度が相対密度 D_r に比例するに対して、 D_r が約85%以上の密砂の液状化強度は、急激に大きくなるという結果を得た。以上の事は三軸試験機よりも現場応力みずみ状態をよく再現している単純せん断試験で得られたものであり、既述の実験^{2,3)}では得られなかったものである。以上の密砂の液状化強度の結果から考えると、相対密度に比例するという考えは、過小評価であるという事が分かる。

謝辞 : 本研究は、東京大学生産技術研究所において行なったものであり、佐々木勉氏をはじめ、その他の方々に、御指導を賜ったことに、未筆ながら感謝の意を表します。

参考文献 : 1)龍岡(1980)“振動三軸試験による砂の液状化強度”第15回土質工学会大会 2)木村・龍岡“動的単純せん断試験機、設計製作と検証” 3) Fumio Tatsuoka, et al (1980) "Normalized dynamic Undrained Strength of Sands Subjected to Cyclic and Random Loading" Soils And Foundations Vol. 20 No.3

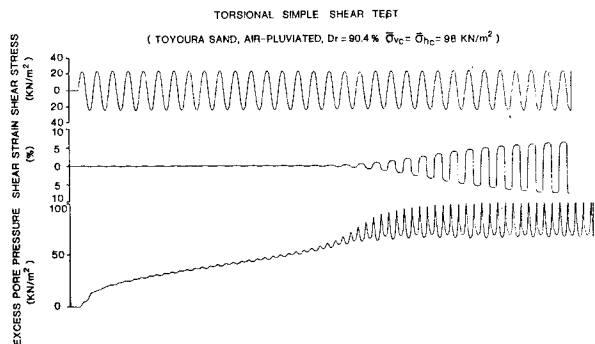


Fig-2 本試験機による記録例

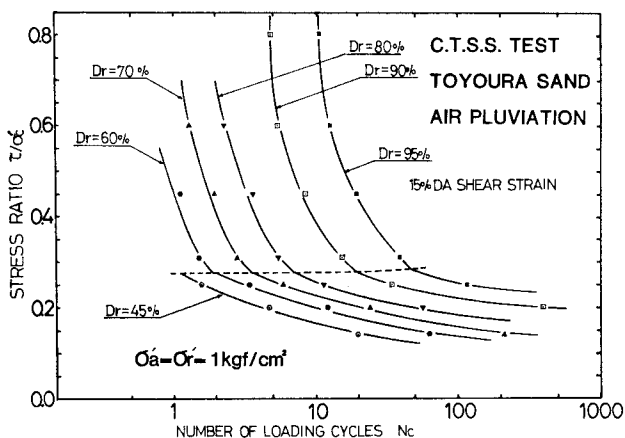


Fig-3 液状化強度と繰り返し回数との関係

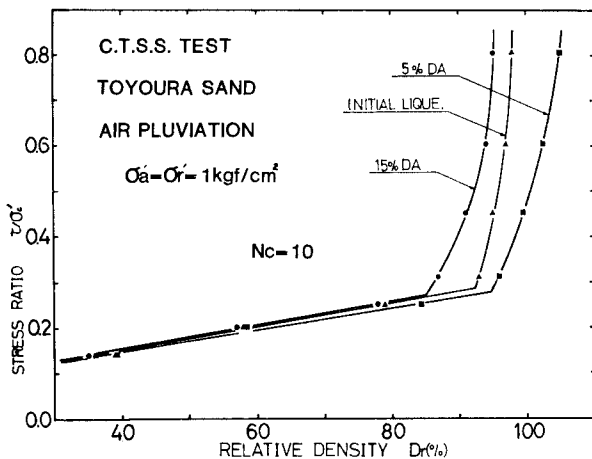


Fig-4 相対密度の変化による液状化強度の変化