

III-210 砂の非排水繰返しせん断強さに及ぼす 粒子形状の影響

岐阜工業高等専門学校 正会員 ○吉村優治
高松工業高等専門学校 正会員 土居正信
長岡技術科学大学 正会員 小川正二

1. はじめに

液状化に影響する因子としては、土そのものの性質、初期応力、地震時に土要素に作用する応力や拘束圧などがある¹⁾。また、土そのものの性質のうち密度や飽和度などは土の状態を表す二次性質であるので、液状化の発生に影響を与える素因は、土の種類すなわち土粒子の材質、粒度組成、形などの一次性質であるといえる。この素因のうち、砂のせん断特性に影響を与える代表的な因子は粒度組成と形であろう。そしてこれまでに粒度組成を表す指標として平均粒径 D_{50} (粒子の大きさ)と均等係数 U_c (粒度分布)などが用いられ、これらの指標とせん断特性との関係について多くの研究が行われ、液状化の危険性のある粒度分布の範囲²⁾などが明らかにされてきている。一方、砂粒子の形状についてはせん断特性に影響を与えることが指摘されているにも関わらず、個々の粒子の径が小さく、しかも定量化の作業がかなり煩雑であるために、粒子形状に関する系統立てた研究はほとんどみられない。

本文は砂粒子の形状を定量化し、その粒子形状が非排水繰返しせん断強さに与える影響について調べた結果について述べたものである。

2. 試料の性質と試験条件

試験には、図1に示すような同じ粒度分布($D_{50}=0.202\text{mm}$, $U_c=1.32$)に調整された、粒子形状のみが異なる四種類(Glass Beads, 豊浦標準砂, 木曾川砂, 砕砂)の試料を使用した。また、粒子の形状を表す指標としては³⁾凹凸係数 FU を用いた。この FU は、投影断面の外周長が l 、断面積が a の粒の形状係数 f を円の形状係数 f_c で除した係数で、 $FU=f/f_c=4\pi a/l^2$ で示され、完全球の場合に1.0であり凹凸の度合いが激しくなるほど小さくなる。図2は最大間隙比 e_{max} 、最小間隙比 e_{min} とこの FU との関係を示したものであり、この図から、 e_{max} , e_{min} 及び間隙比の取り得る幅($e_{max}-e_{min}$)は形状が丸くなるほど小さくなっている。

繰返し三軸試験は、「土の繰返し非排水三軸試験方法(JSF T 54 1-1990)」⁴⁾に従って行った。ただし、供試体は空中落下法で作成($\phi 50\text{mm}$, $h 100\text{mm}$)し、背圧 $u_b=196\text{KPa}$ 、初期有効拘束圧 $\sigma'_c=49\text{KPa}$ とし、繰返し载荷は周波数 $f=0.1\text{Hz}$ の正弦波で偏差応力 σ_d は第1波めを圧縮側から载荷した。また、過剰間隙水圧比 $\Delta u/\sigma'_c=1.0$ をもって液状化に至ったと判定し、データ整理は供試体セット時($\sigma'_c=29.4\text{KPa}$)の初期間隙比 e_0 、初期相対密度 D_{r0} を用いて行った。

3. 試験結果及び考察

一連の実験結果から繰返し応力振幅比 $R=\sigma_d/2\sigma'_c$ と繰返し载荷回数 N_c の関係を整理し、各試料毎に $N_c=20$ 回で液状化が発生する $(R)_{N=20}$ と相対密度 D_{r0} との関係は図3となり、液状化抵抗は粒子の形状が角張っているほど大きく、丸くなるにしたがって小さくなるのがわかる。このような関係は

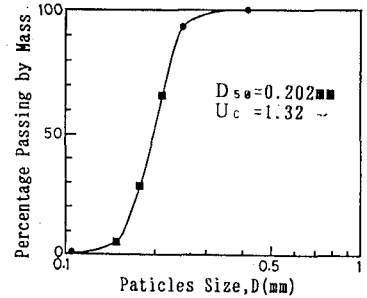


図1 試料の粒径加積曲線

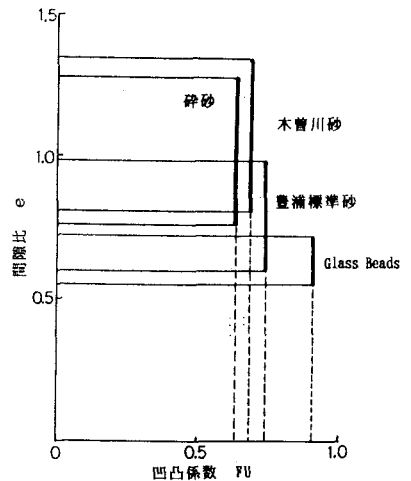


図2 間隙比 e_{max} ・ e_{min} と凹凸係数 FU の関係

ゆる詰め ($D_{r0}=25\%$), 中密 ($D_{r0}=50\%$), 密 ($D_{r0}=75\%$) な場合の (R)
 $N=20$ と FU との関係を示した図4からも明かである。

また、石原⁵⁾の提案している余裕空隙比 ($e_0 - e_{min}$) の考え方を
 用いると図5の関係が得られ、液状化抵抗は粒子の形状が角張っているほど大きいことがわかる。石原⁵⁾は液状化に対する抵抗力はこの余裕空隙比を用いれば、砂の相対密度、粒度や粒径の影響を全て含めた形で考慮できると報告しているが、今回の結果はこの報告とは異なっている。しかし、同一試料を用いて静的三軸試験で求めた内部摩擦角 ϕ_0 と D_{r0} あるいは ($e_0 - e_{min}$) の関係⁶⁾ についても、図3あるいは図5と同様に粒子の形状が角張っているほど大きくなっていることから、せん断特性の影響要因の一つである粒子形状が砂の動的及び静的せん断特性に与える影響は余裕空隙比のみでは説明できないといえよう。

4. おわりに
 今回の研究によって、砂の粒子形状が非排水繰返しせん断強度に与える影響が明らかになった。今後は、既に報告⁶⁾している粒子形状が静的せん断特性に及ぼす影響と併せて粒子形状と静的特性-動的特性相互の関係を明らかにしていきたい。

4. おわりに

今回の研究によって、砂の粒子形状が非排水繰返しせん断強度に与える影響が明らかになった。今後は、既に報告⁶⁾している粒子形状が静的せん断特性に及ぼす影響と併せて粒子形状と静的特性-動的特性相互の関係を明らかにしていきたい。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、貴重な御助言ならびに御指導を頂いた長岡技術科学大学建設系杉本光隆助教授、北海道大学工学部三浦均也講師、東京大学生産技術研究所龍岡文夫教授に対し心から謝意を表します。また、本概要をまとめるにあたり、貴重な御意見を頂きました東京大学工学部石原研而教授、名古屋工業大学松岡元教授に対し併せて謝意を表します。

参考文献

- 1) 安田進:「液状化の調査から対策工まで」, 鹿島出版会, pp.73-97(1988.11)
- 2) 日本港湾協会:「港湾施設の技術上の基準-同解説」, pp.2-168~2-171(1979.4)
- 3) 吉村優治・土居正信・小川正二:砂の粒子形状の定量化について, 第26回土質工学研究発表会発表講演集(1991.7;印刷中)
- 4) 土質工学会:「土質試験の方法と解説」, pp.421-450(1990.3)
- 5) 石原研而:「土質動力学の基礎」, 鹿島出版会, pp.249-274(1976.8)
- 6) 吉村優治・阿部滋:砂の排水せん断特性に及ぼす粒子形状の影響について, 第26回土質工学研究発表会発表講演集(1991.7;印刷中)

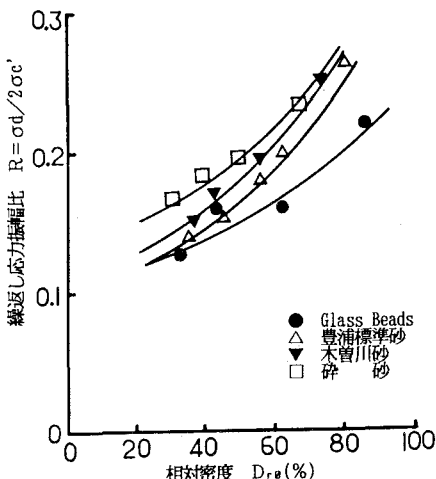


図3 20回の繰返しで液状化に必要な応力比と相対密度の関係

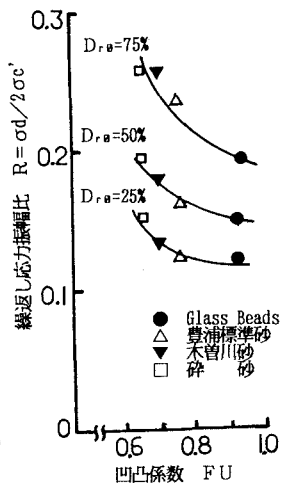


図4 20回の繰返しで液状化に必要な応力比と凹凸係数の関係

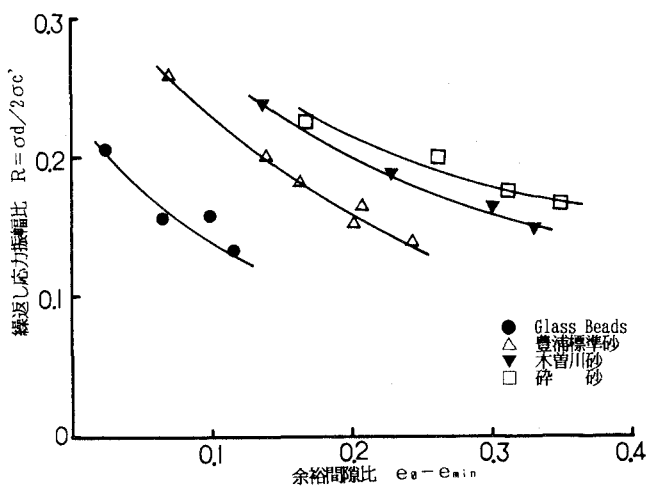


図5 20回の繰返しで液状化に必要な応力比と余裕空隙比の関係