

九州大学工学部 正員 山内豊聡 学生員 兵動正幸
学生員 長山秀昭 学生員 前田静俊

1. まえがき

近年、埋立地などでシラスが用いられる場合が多くなっているが、シラスの液状化抵抗が小さいことは多くの実験から明らかにされてきた。筆者らは、過去においてこの事実を繰返しねじり三軸試験¹⁾によって確認したが、今回シラスの圧縮に対する液状化特性を調べるために、繰返し三軸圧縮試験を行なったので、その結果について報告するものである。

2. 実験方法

2.1 試料 実験に用いた試料は鹿児島市で採取した一次シラスであり、その2mmフルイ通過分を用いた。試料の物性値および粒度分布はそれぞれ表-1、図-1に示すとおりである。飽和供試体作製のために、試料を数時間煮沸により脱気させ、その後含水比20～30%程度(表乾状態)まで空気乾燥し、それを適当に突き固めて自立供試体とした。なお、供試体は円柱で直径5cm、高さ12.5cmである。

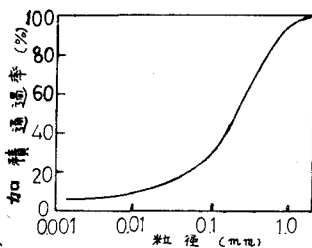


図-1 試料の粒度分布

表-1 試料の物性値

土粒子比重 G_s	2.43
最大間げき比 e_{max}	1.68
最小間げき比 e_{min}	0.85
透水係数 k_{cs}	5.0×10^{-4}
10%粒径 $D_{10}(mm)$	0.022
60%粒径 $D_{60}(mm)$	0.32
均等係数 U_c	14.5

2.2 実験条件 上記の方法で作製した供試体は、相対密度 $D_r=60\sim80\%$ 程度のものであり、側圧 $\sigma_c=1.0\text{ kg/cm}^2$ で圧密し、応力比 $\gamma_c=0.4\sim1.0$ の間で実験を行なった。載荷方法は側圧一定の条件で、軸方向に矩形パルス荷重を周期4秒(2秒載荷、2秒除荷)で圧縮側荷重として加えた。

3. 実験結果および考察

図-2,3はそれぞれ繰返し回数と発生間げき水圧 u_c および軸ひずみとの関係を示したものである。間げき水圧は繰返し回数増加とともにほぼ直線的に増加するが、初期における発生状況は各試験条件により異なり、間げき水圧が最大値に至るまでの必要繰返し回数 N_c が小さいほど、間げき水圧は大きく発生している。計10個の実験結果から N_c の大きいほどグラフは右寄りであり、曲線の形状はデマ番号①,③の一群、②,⑤の一群、ならびに④～⑩の一群に分類される。この傾向は図-3に示す繰返し回数-ひずみ関係のグラフにも見られるが、図-2,3の対比で評価を行なうと、①,③の曲線群は第一回目の載荷で破壊を起こしたもので、②,⑤はひずみの進行が終始比較的ゆるやかであるもの、そして④～⑩は間げき水圧、ひずみともに最終載荷付近で急上昇するものの3ケースに分けられるようである。そこで、図-4に軸ひずみと間げき水圧をその最大値で除いた値(間げき水圧比)との関係を表わした。一般に振動三軸試験等による液状化の定義として、間げき水圧比が1.0に到達し、かつひずみが5%程度に達した状態を初期液状化と呼んでいるが、今回行なった

記号	▽	■	○	◎	●	△	▲	□	①	×
γ_c	0.90	0.80	1.00	0.70	0.75	0.60	0.50	0.45	0.50	0.60
N_c (回)	8	12	17	21	27	29	107	237	256	757

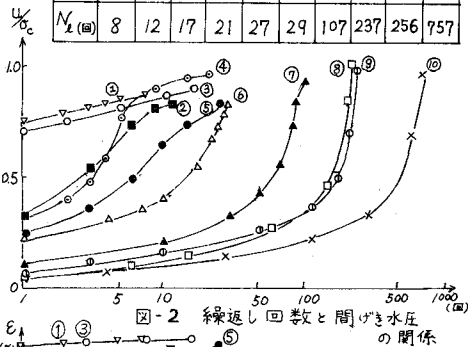


図-2 繰返し回数と間げき水圧の関係

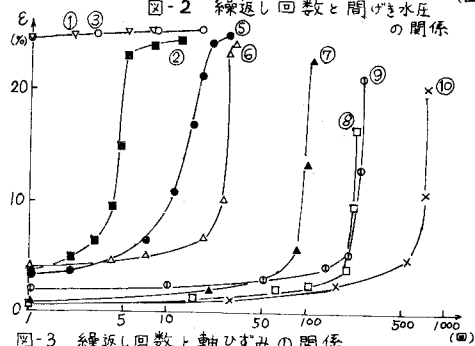


図-3 繰返し回数と軸ひずみの関係

繰返し三軸圧縮試験においては、図-4からも見られるように、5%ひずみに対し間げき水圧比の値はまちまちで、しかもその値は全体的に小さい。初期液状化の定義をひずみ10%とすると、②~⑩は液状化したと言えるようである。残りの①, ③, ④, ⑤はひずみの進行が間げき水圧の発達よりも早く、圧縮せん断破壊の様相を呈している。したがって、本実験結果では以後②~⑩を液状化データとして取り扱うことにする。このデータを過去に同じ試料で行なった繰返しねじり三軸試験結果¹⁾と比較して、表-2に示す。本実験では応力比 γ/σ_c が0.45以上でない、繰返し回数2000回以内において液状化あるいは圧縮せん断破壊は生じなかったが、繰返しねじり三軸試験においては応力比が下限値0.19までの場合で液状化することが確認されており、また上限値0.4では数回の載荷で液状化を起こしている。このことから、シラスの液状化抵抗はねじりに対するよりも圧縮に対して大きいことが認められる。次に繰返し回数比 γ/σ_c と間げき水圧比 u/u_{max} の関係を図-5, 6に示している。図-5は本実験結果であり、図-6は繰返しねじり三軸試験データによるものである。まず図-5について述べると、曲線の形状が2つに大別されることが特徴的である。試料の相対密度に若干のばらつきがあるので、頻度の高い相対密度 $D_r=60\sim 65\%$ についてのみ比較してみると、応力比が高いほど曲線は上側に移行する傾向が見られる。先に曲線群②~⑩を液状化試料とみなしたが、これらの曲線群は類似した形状で下部に集まっており、 $\gamma/\sigma_c=0.45\sim 0.6$ までの範囲でやはり γ/σ_c が大きくなるにしたがい上側に移行する。また、もう一つの曲線群は先に圧縮せん断破壊と見なしたものの集まりであり、したがって液状化と圧縮せん断破壊の境界は $\gamma/\sigma_c=0.7$ 付近と考えられる。次に図-6の繰返しねじり三軸試験結果と図-5の液状化曲線群②~⑩を比較してみると、両者の形状はほとんど同じであり、 γ/σ_c の変化に伴う傾向も同様である。したがって、回数比-間げき水圧比曲線は試験法の違いに関係なく一様であり、相対密度 D_r 一定の条件では応力比 γ/σ_c をパラメータとして変化することが認められる。

参考文献

- 1) 山内・一瀬; 繰返しねじり三軸試験によるシラスの液状化について, 第28回土木学会年次学術講演会講演概要集, III, 1973, PP. 154~155.

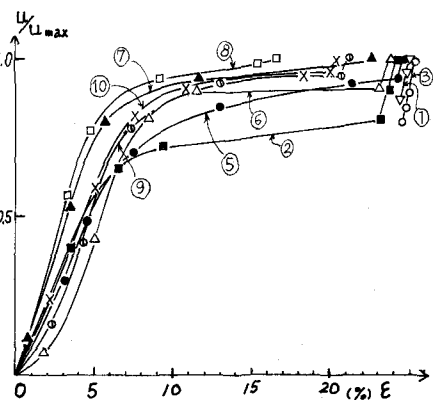


図-4 軸ひずみと間げき水圧比の関係

表-2 繰返し三軸圧縮試験と繰返しねじり試験との比較

u_{max} に達するまでの必要繰返し回数 N_e	繰返し三軸圧縮 (回)	繰返しねじり三軸 (回)
0.19	—	200
0.20	—	190
0.22	—	60
0.23	—	25
0.30	—	11
0.40	—	3
0.45	237	—
0.50	256	—
0.50	107	—
0.60	29	—

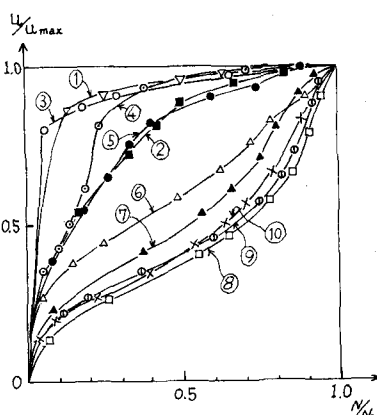


図-5 繰返し回数比と間げき水圧比の関係 (繰返し三軸圧縮試験)

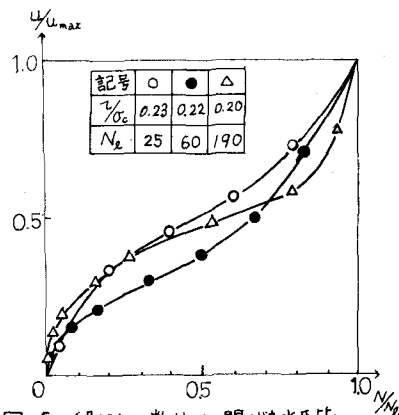


図-6 繰返し回数比と間げき水圧比の関係 (繰返しねじり三軸試験)