

九州大学工学部 学生員 兵動正幸
 〃 正員 山内豊隆
 大都工業(株) 明石恵介

1. まえがき

九州南部に広く分布するシラスは近年工事材料として需要が増加する傾向にあるが、シラスが非常に液状化を起しやすい土であることは過去の実験からも確認されている。^{1,2)} 今回、鹿児島市内で採取したシラスについて振動台による実験を行なったので、その結果を報告する。振動台を用いた飽和砂の液状化の実験はこれまでも多く行なわれているが、装置の機能、砂箱の大きさなどの面でさまざまであった。一般にこの種の実験では、試料を水平方向に無限の広がりをもつ地盤の縮小モデルとみなし、水平加振によって基盤からのせん断波伝播を想定しているが、この条件を満足するにはかなりの大型の砂箱に高サイクルの入力が必要と考えられる。本実験に用いた装置は、低サイクル駆動の振動台に小型の砂箱を取り付けたものであり、乾燥したシラスおよび砂のゆるめ試料では、全体が剛体的な動きとなって内部にせん断変形が生じる様子は認められなかった。しかし、飽和した試料では、加振開始後速やかに過剰間げき水圧が発生しせん断変形も生じている。また、地表面付近の加速度は試料が液状化するに伴い大きくなり、液状化時にはほぼ一定値を保つ。この現象は、今回行なったような小型振動台による実験に特有のものであり、基盤からのせん断波伝播理論のみでは説明できないように思われる。すなわち、本実験においては振動方向と直交な側壁の影響が重要な要因と考えられ、対象地盤を堅い基盤に囲まれた軟弱な地盤³⁾として考察している。

2. 実験装置および実験

実験装置の概略は図-1に示すとおりで、振動台の上に長さ70cm、幅35cm、高さ30cmのアクリル製の砂箱を取り付けている。振動台の出力は、変位振幅が1, 2, 3 cmの3段階であるのに対して振動数が0~15 cpsまで変更できるようにになっている。砂箱の振動方向側

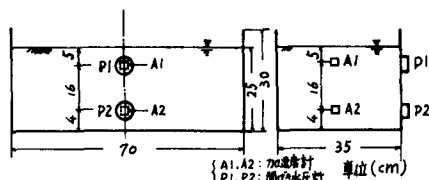


図-1 実験装置

面に上下2個の間げき水圧計を、土中に上下2個の加速度計をそれぞれ設置している。実験対象の試料は鹿児島市原良町で採取した一次シラスであるが、比較のために九州大学構内で採取した砂(九大砂)でも実験を行なっている。表-1がシラスと九大砂の物性値を示すものである。シラスは九大砂と比較して透水係数が非常に小さいことが特徴的であり、また最大間げき比と最小間げき比の差が九大砂よりも大きい。両者の粒度分布は図-2に示すとおりであるが、九大砂の方がシラスより均一な粒径分布を示している。実験にはシラス、九大砂とも乾燥全重量66 kgを用い、初期層厚約25 cmで水面と地表面が一致し飽和状態になるよう供試体を作り、まずこれを100秒間加振した。次に湧出した表面水をくみ出して同一加速度で加振し、以下同じ操作を4~5回繰返して一段階の実験とした。さらに試料を入れ替えて60~200 galの各入力加速度に対する一連の実験を同様の手順で行なった。

表-1 試料の物性値

試料名	シラス	九大砂
G_s	2.45	2.60
$D_{10}(\text{mm})$	0.035	0.23
U_c	12.8	3.57
$e_{\max}$	1.60	1.01
$e_{\min}$	0.72	0.53
$k(\text{cm/sec})$	5.0×10^{-6}	1.5×10^{-2}

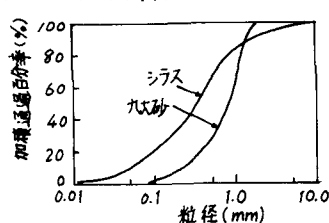


図-2 試料の粒度分布

3. 実験結果および考察

図-3は飽和シラスの実験結果の一例である。これに先立ち乾燥したシラスの加振を行なったが、A1, A2(図-1)の加速度波形は完全に一致していた。しかし、飽和したシラスになると、図のように加振開始後速やかに過剰間

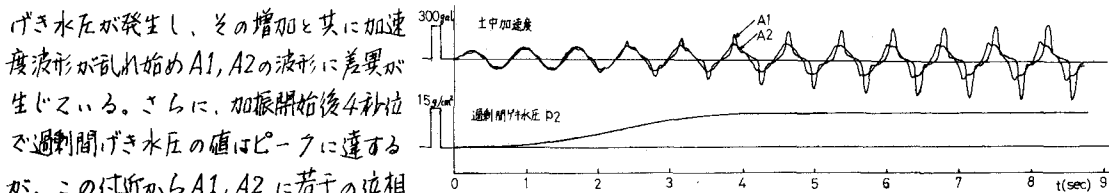


図-3 シラスの振動台実験結果の一例

げき水圧が発生し、その増加と共に加速度波形が乱れ始めA1, A2の波形に差異が生じている。さらに、加振開始後4秒位で過剰間げき水圧の値はピークに達するが、この付近からA1, A2に若干の位相差も見出される。次に、A1, A2の加速度値を変位量に変換し加速度計埋設地点間の相対変位を求めて、地中に生じるせん断ひずみの評価を行なった。各サイクル毎の最大せん断ひずみの変化を図-4に示している。これは、変位振幅2cm、振動数1.4cpsの入力条件で行なったものであるが、計10回の実験でほぼ同様の傾向を得ている。このようなせん断ひずみの状況を過剰間げき水圧との関係を表わしたのが図-5である。図中比較のために応力制御による繰返しねじり三軸試験結果も併記しているが、両者が比較的に類似していることから本実験のメカニズムも応力制御型に近いものと考えられ、その原因は振動方向と直角的側壁にあると判断した。したがって本実験の適用地盤も剛性側壁の影響を受けるような場所に限定されるわけであるが、実験結果は堅い基盤に囲まれたような地形の地盤において、応力制御型のメカニズムで液状化発生の危険性があることを指摘している。なお、本実験における液状化の判定は、振動時の砂箱の観察結果と過剰間げき水圧の上昇記録とによって行っているが、試料の初期条件や入力条件によってその状況はまちまちであったので、過剰間げき水圧の最大値の初期有効上載圧に対する百分率を液状化度として用い、液状化の程度を表わす指標とした。図-6にシラスと丸大砂の液状化状況を比較するための一例を示している。初期相対密度はシラスが55%、丸大砂は50%であり、入力加速度は155 galである。図から明らかのように、同一条件ではシラスの方が液状化度が高いことがわかる。また、丸大砂は100秒間の加振時間中に完全に安定化状態に至るが、シラスは過剰間げき水圧がほぼピークのままで長時間継続している。図にはシラスの安定化過程について、100秒で振動を停止した場合とさらに振動を継続した場合の状況も示している。このようなシラスと丸大砂における相違は、主として両者の透水性の差異に起因するものと考えられる。本実験では試料の初期相対密度は50~60%程度であり、この状態ではシラス、丸大砂とも入力加速度範囲60~200 galで必ず液状化を起したが、加振中に安定化した試料は以後どの加速度を用いても液状化しなかった。図-7にシラスについて相対密度と液状化度の関係を入力加速度をパラメータとして示している。

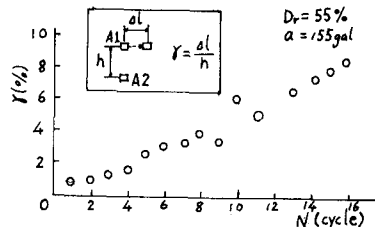


図-4 最大せん断ひずみ

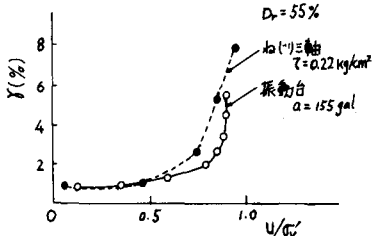


図-5 過剰間げき水圧とせん断ひずみの関係

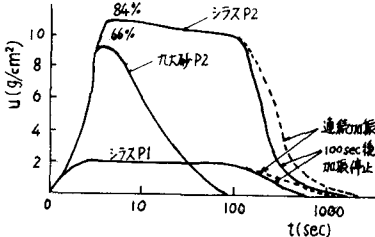


図-6 過剰間げき水圧の時間的推移

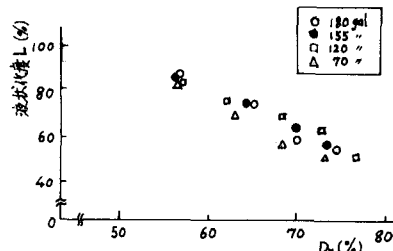


図-7 相対密度と液状化度の関係

図中同一印のアロットは、試料を入れ替えて100秒加振で行なった一連の結果である。液状化度は入力加速度の違いではわずかの差しか生じていないが、相対密度が大きくなるに伴い低下していることが認められる。

参考文献 1) 山内・松田・瀬田：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11回土壌工学研究発表会，1976，PP. 327~330。
2) 梅原・善・須田：港湾工事材料としてのシラスの工学的性質(その5)，土田倉田(其6)，港湾技研資料，No. 211，1975，PP. 77~119。
3) 小川・佐々木・柴山：振動を受ける飽和砂の挙動，土質工学会論文報告集，Vol. 15，No. 3，1975，PP. 73~81。