

Ⅲ－62

多重せん断箱を用いた砂の液状化振動実験

日本大学理工学部 学生会員 ○原田慶太 岩田法智華 正会員 梅津喜美夫

1. はじめに 地震による液状化等の地盤破壊の現象は、水平方向の繰り返し加速度によるせん断応力により発生する。一方、現在土の液状化特性を調べる室内試験は、このせん断応力を直接供試体に圧縮やねじりを加えて行う繰り返しせん断試験が主流となっている。しかしながら、実際の地盤は程度の差はあるが一般に密度は一樣ではなく、従って発生せん断応力も一樣とはならない。そこで当研究室では、このせん断応力の発生原因である繰り返し加速度に着目した液状化振動試験装置を試作し、実際に液状化強度曲線を描く実験を行い、試験装置等について検討を行ったので、その報告をする。

2. 供試体概要 2-1. 試料および供試体の作成方法

今回使用した砂試料は、豊浦砂 ($G_s=2.631$ 、 $D_{50}=0.093\text{mm}$ 、 $U_c=1.32$)である。供試体は、モールドに上記試料を自由落下させて詰めたあと、不飽和状態 ($S_r=70\%$)にして凍結したものを用いた。この時の供試体の相対密度は $D_r=80\%$ ($e=0.67$)である。

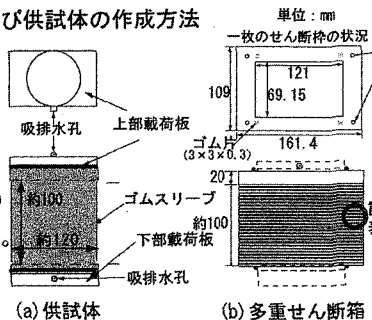


図-1 供試体概要

表-1 せん断箱の種類

E-type		せん断棒間にゴム片を挟めたもので両者の間にある強度の摩擦があるので水平方向弾性変形する
F-type		E-typeのせん断棒間のゴムにグリースをぬり摩擦をカットしせん断棒が自由に水平移動できるようにしたもの
R-type		E-typeのせん断棒の孔の中に鉄の棒を差し込みせん断棒が水平に移動できなくしているもの

2-2. 供試体部と多重せん断箱

図-1に使用する供試体と多重せん断箱の概要を示す。供試体は(a)図のように上下を載荷板にはさまれた状態で、ゴムスリーブ(厚さ $t=0.3\text{mm}$)で覆われており、(b)図に示すように、ロ型アクリル製せん断棒($t=3\text{mm}$)25枚からなる多重せん断箱に収められる。なお、各せん断棒の間には厚さ $t=0.3\text{mm}$ 、寸法 $3\times 3\text{mm}$ のゴム片が図のように4ヶ挟まれている。実験に用いたせん断箱の種類を表-1に示す。まず、基本のタイプは「E-type」で、上述のせん断箱(図-1(b))であり、この場合各せん断棒の間の各ゴム片は上下にある程度の摩擦が働くので水平方向に弾性的に変形する。「F-type」は、E-typeのゴム片の上下にグリースをぬり、摩擦をカットし、自由にせん断棒が移動できるようにしたものである。「R-type」は、E-typeのせん断棒の四隅の孔の中に鉄の棒を差し込んだもので、せん断棒の水平移動をなくしたものである。

3. 試験装置および試験方法 3-1. 試験装置 図-2に試験装置の概要を示す。

装置はこのように、起震機に接続された振動台に上記の供試体が入っている圧力セルをセットしたものである。この供試体は上部の載荷板にロードセル(鉛直水平両方向の計測が同時に可能)が固定されており、このロードセルを介して、ペロフラムシリンダにより鉛直荷重が載荷される。また、供試体の下部載荷板の下は、図では見えないがローラーが設置されており、従って、供試体は水平振動により、上部固定・下部可動の状態単純せん断変形を繰り返す。尚、下部載荷板には参考までに加速度計を設置した。変位の測定は、鉛直方向については圧力セル上部に取り付けた変位計でピストンの移動を測定し、水平方向については圧力セル内の変位計で下部載荷板の変位を測定する。

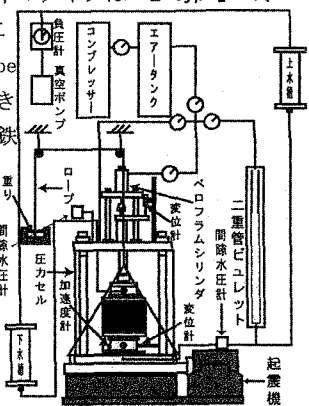


図-2 振動実験機

また、間隙水圧の測定は給排水管に取り付けた間隙水圧計で行う。

3-2. 起震機 実験は当初、図-3(a)に示すような電磁式のものを用いていたが、揺れが漸増していき一定になるまでに時間がかかるのでその後

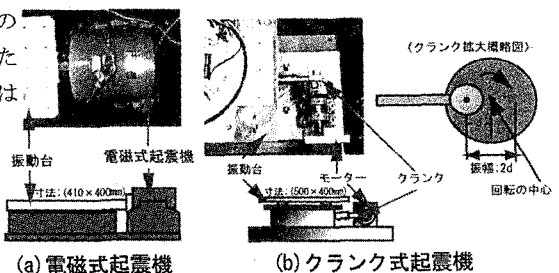


図-3 電磁式・クランク式起震機の概要

図-3(b)のようなクランク式のものに変えた。

3-2. 実験方法 実験は以下のように行った。①<供試体のセット・解凍・通水>上記2-1の凍結供試体を2-2のせん断箱に収めて、圧力セルに設置し、負圧600kN/m²を載荷した状態で解凍通水(脱気水)する。

②<バックプレッシャーの載荷>その後セル圧5kN/m²を載荷して負圧を徐々に大気圧に戻す。この時に供試体に空気が入らない様に注意し、バックプレッシャー(300~400kN/m²)を、図-2に示すようにビュレットを介して載荷し、この水位より飽和度の状況を確認する。

③<せん断試験>振動実験は、さらにセル圧4kN/m²を載荷してB値が95%以上であることを確認してから所定の有効拘束圧(等方応力 σ'_v) [電磁式: 9kN/m²、クランク式: 10kN/m²]を載荷した後、非排水条件で起震機により液状化試験を行った。なお、クランク式起震機の場合は、振動数(4.5Hz, 4.7Hz)と振幅(5mm, 10mm)を変えて、発生せん断応力 τ_d を様々に設定した。

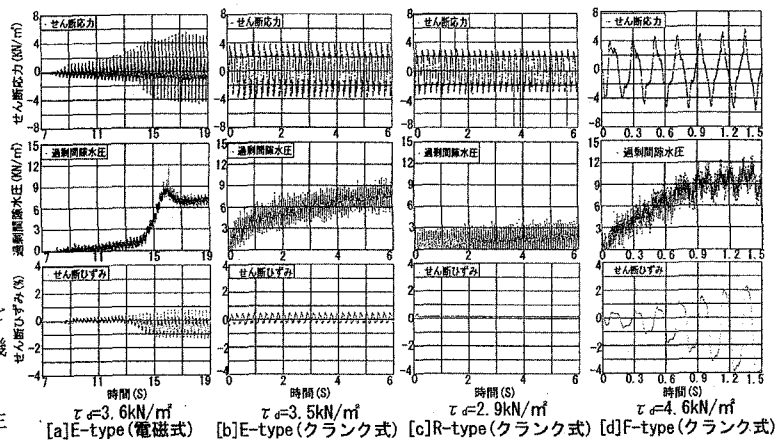


図-4 実験結果

4. 実験結果 4-1. せん断挙動 図-4は各種類の実験結果の代表例を示したもので、それぞれ上から順に「せん断応力」、「発生過剰間隙水圧」、「せん断ひずみ」を示している。以下にこれらについて述べる。(1) 起震機による違い [a]図は電磁式によるもの(E-type)、[b]図はクランク式によるもの(E-type)を示している。両者とも時間の経過と共に過剰間隙水圧が上昇し、有効拘束圧の値に近く達して液状化しているが、電磁式の場合はクランク式と異なり、繰り返しせん断応力が一定になるまで20秒近く要している。

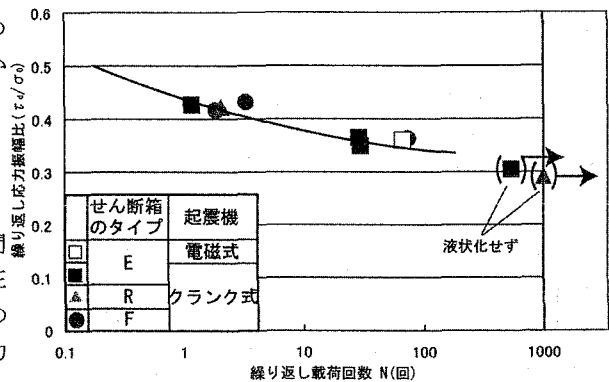


図-5 液状化強度曲線

(2) 多重せん断箱の変形性の影響 [b], [c], [d]図(クランク式起震機)は、それぞれE, F, Rのタイプについて示したものである。まず、E([b]図)とR([c]図)について述べる。RはEに比べせん断応力が少し小さくなっているが、発生過剰間隙水圧はEと異なりあまり上昇せず、液状化していないのがわかる。次に、E([b]図)とF([d]図)について述べる。両者とも発生過剰間隙水圧が同じように上昇し液状化しているが、せん断ひずみは、Eが一定であるのに対し、Fはこの過剰間隙水圧の上昇と共に大きくなっている。これは、せん断箱の枠の間にあるゴム片の摩擦をなくしたことで、供試体自体の変形が自由に現れた為と考えられる。

4-2. 液状化強度曲線 図-5は、液状化曲線を描くグラフで、縦軸に繰り返し応力比(τ_d/σ'_v)、横軸に過剰間隙水圧95%時の繰り返し載荷回数(N)を表している。本実験では電磁式起震機のように、繰り返しせん断応力が一定でないものについては、この振幅がほぼ一定になったところの平均値を「せん断応力 τ_d 」とし、「繰り返し載荷回数N」については、せん断応力が一定になるまでの漸増部の回数を1/2としている。この図より以下の諸点が認められる。①今回実施した相対密度 $Dr=80\%$ の実験結果は全体的に一つの液状化曲線上に分布しており繰り返しせん断応力の漸増の影響は見られない。②しかしながら多重せん断箱の変形性については、E-typeもF-typeも同様の曲線上にあるが、R-typeについては、液状化しない点がある。

5. おわりに 以上、密詰め砂について振動台による液状化試験を試み、多重せん断箱の変形性について検討を行ったが、今後は緩詰め砂についても同様の検討を行っていきたいと考えている。