



乾式の液状化実験装置を作る

東京理科大学 教養教育研究院
野田キャンパス教養部 教授

せき ようじ
関 陽児

1. 液状化現象とは

強い地震時に、砂地盤が地割れを起こし、泥水を吹き出して沈下する現象が液状化である。阪神大震災では港湾の岸壁で、東日本大震災では埋立地の住宅街の地盤などで、液状化により大きな被害が出た（写真1、2）。液状化は、あまり締まっておらず砂粒子同士の隙間が大きくて地下水位の高い砂地盤の中で起こる。地震動により砂粒子相互の噛み合いが外れることで全体が砂混じりの泥水のような状態となり、地盤が物理的な支持力を失いながら急速に変形したり移動したりする。その結果、住宅や電柱が傾いたり、地下の配管が浮き上がったり、堤防や岸壁が崩れるなどして、都市の住宅やインフラが大きな影響を受ける。

こうした液状化現象は、容器に入れた砂に十分な水を吸わせて（つまり地下水位を上昇させて）適度な振動

を与えてやると再現できる。「液状化実験」で検索すると、こうした実験の例を多く見ることができる。ただし、うまく液状化させるためには、砂と水の割合や混合の仕方など多少のコツが必要である。また、一度液状化させると砂が締まるとともにその上に水溜りができるので、再び実験をするためには砂と水の全体を混ぜ直す必要がある。水と砂の混合物なので容器や手に付着したりして少し面倒な面もある。しばらく実験をしない場合は、保管状態にも一定の配慮が必要である。今回紹介するのは、「乾式」の液状化実験装置である。この装置は、砂が乾いた状態で、ブロワーの電源を入れるだけで簡単に液状化と類似の現象を再現でき、繰り返し実験でも試料の再調整が不要な、簡便な液状化実験器である。



写真1 阪神淡路大震災（1995年）での液状化による港湾岸壁の損壊（神戸新聞）



写真2 東日本大震災（2011年）での液状化で噴出した泥土で覆われた千葉県のテーマパークの駐車場（防災ニッポン HP）

2. 乾式液状化実験器の構造と作り方

実験器は、①送風機（ドライヤー）、②送気管、③送気量調整器、④蓄圧槽、⑤多孔層、⑥砂層から構成される（写真3、4、5）。小型の飼育ケースを使うことで、送風機も大型のブロワー等を用いなくても家庭用ドライヤーで事足りる。

まず、用意する材料は以下のとおり。ヘアードライヤー、家庭用排水チューブ（1m）、昆虫飼育ケース（小型を2個）、水道用塩化ビニール管（VP20）直管（30cm程度）・エルボー（直角）管・T字管各1、同ソケット1組、スポンジ（厚さ2-3cm、飼育ケース底の面積より少し大きいもの）、ビニールテープ、砂（左官砂でも川砂でも可）、（できれば）変圧器。

また用意する道具は以下のとおり。はさみ、きり、リーマー、小型の鋸（あれば電動ドリルとホールソー）。
手順1）一方の飼育ケースの正面下方に、塩ビ管ソケ

ットを取り付ける穴を開け蓄圧槽とする。

手順2）他方の飼育ケースの底を、少し縁を残しながら大きく開口させ（ホールソーが便利、なければ四隅に孔をあけてから鋸で切断）多孔層の支持構造とする（写真6）。

手順3）T字管・エルボー管・ソケットを直管で接続して送気量調整器とする（写真7）。

手順4）蓄圧槽に送気量調整器を、底抜けケースにスポンジを取り付ける（写真6、8）。

手順5）送気量調整管に10cm弱の直管を取り付け、送気管を差し込む（写真4）。

手順6）ドライヤーに排水管の一端をビニールテープで固定して送気管とする（写真4）。

手順7）送気管の他端を圧力調整器に装着する（写真4）。



写真3 本装置の全体（横から）
二段に重ねた小型飼育ケースの下段には送気管が接続されている。上段のケースの底は取り除かれ多孔層（スポンジ）がはめ込まれ、その上に砂を置いて砂層とする。



写真4 本装置の全体（上から）
家庭用ドライヤーの送風口に排水管の一端を固定し、他端は送気量調整器に差し込む



写真5 昆虫飼育ケース
蓄圧槽と多孔層の保持構造として使う飼育ケースは100円ショップで入手できる

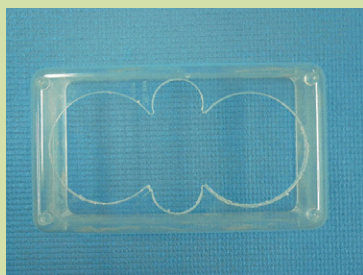


写真6 上段ケースの底の除去
完全に除去するとスポンジが固定しづらくなるので、適度に縁を残しておく



写真7 送気量調整器
水道配管用VP20塩化ビニール管のT字管・エルボー管・ソケットを適度な長さに切断した直管で接続する。強度はほとんど必要ないので接着は不要。差し込むだけ。



写真8 多孔層の装着
底抜け状態に加工した上段ケースの下部に梱包用などのスポンジを押し込む。ケースの内壁との間に隙間ができないように。

3. 装置の運転

写真4の状態ドライヤーを運転すると、送気は全てT字管の開口部から逃げ出す。開口部をほどよく手で覆うと空気の流れが蓄圧槽に向かい、多孔層を通して上部の砂層に均等に噴出され、一定以上の強さになると砂粒子が踊るように動き出して流動化つまり地震時の液状化と同様の現象を観察できる。変圧器があれば、T字管の開口部を塞いで変圧により送風強度を変えることができる。

この装置は、下方から勢いよく吹き出す空気の流れ

により砂層が流動化する流動層発生装置である（写真9）。粒子相互の噛み合いがはずれて全体が液体のように振舞うという運動の本質が、地震時の砂地盤の液状化と共通しているので、「乾式液状化実験器」と呼ぶことにした。砂の上にコンクリート片などの重いものを置いたり、砂の中に弁当用のたれビンなどの軽いものを埋めてから装置を運転してみよう。通常の液状化実験装置と同様に、しかし素早く、重いものが沈んで軽いものが浮上する挙動を観察できる（写真10、11）。繰り返し実験も容易である。

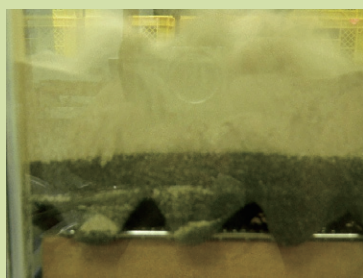


写真9 送気により激しく運動する砂層
スポンジ製の多孔層から吹き上げる空気の流れにより砂粒子は浮き上がり相互の噛み合いは失われて流動化する

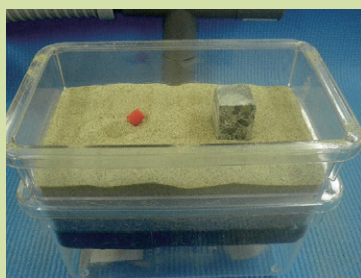


写真10 送気前にたれビンは砂層中に埋め、コンクリート片は砂層上に置く



写真11 送気開始直後
送気量が一定以上に達すると砂層は急激に液状化し、たれビンは瞬時に浮き上がり、コンクリート片も徐々に沈んで行く

4. この装置の展開利用

この乾式液状化実験装置で発生させている流動化が重要な働きをする現象が、自然界にはいくつもある。例えば、火山噴火の中で大きな被害をおよぼす恐れのある火砕流、山間部に豪雨が降ると毎年のように発生

する土石流などが挙げられる。装置や運転方法を工夫して、それらの地学現象の再現を試みても面白いであろう。視覚的訴求力の高い模擬実験となることが期待できる。