

液状化時及び再液状化時の構造物被害と噴砂状況の関係

東北学院大学 学生      ○松浦杏理   金戸友太   黒田直樹  
東北学院大学 正        山口晶   飛田善雄   吉田望

1. 研究の背景と目的

噴砂は地盤が液状化した地盤の多くで観察されるため、液状化を示す重要な証拠であると認識されている。噴砂を詳細に調べることで、地盤の応力状態や液状化深さ、構造物被害の程度等が推定できる可能性がある。著者らはこれまでに噴砂面積や個数と液状化深さの関係を明らかにしてきた。そこで、本研究では構造物被害と噴砂の面積や個数との関係を調べることにする。ここでは、構造物の浮き上がり・沈下と噴砂の関係について実験を行った。また、同時に再液状化時の噴砂状況についても検討した。

2. 実験概要

本研究で使用した液状化層の砂は、106μmふるい残留分の豊浦砂を用いた。低透水性層に用いた砂は106μmふるい通過分の微粉珪砂を用いた。これらの試料は洗浄とふるい分けにより繰り返し使用している。図2に粒径加積曲線を示す。表1に各試料の物理特性を示す。本研究で使用する土槽は40.8cm×30.9cm×21.4cmの市販のプラスチック製の容器である。図1に振動台の配線図を示す。土槽中の構造物模型直下を避けた底部に水圧計P1、振動台の架台の上に土槽を載せるための板を敷き、その下に加速度計AC1を設置する。なお、計測は0.001秒に1回の割合で自動計測する。

表2に実験条件を示す。1セットの実験について、加振は6回行った（第1回加振，再1回～再5回加振）。第1回加振の振動加速度は水平方向に8m/s<sup>2</sup>，振動回数を60回，振動数を10Hzとした。再1回加振以降は，振動加速度が水平方向に8m/s<sup>2</sup>，振動回数を10回，振動数を10Hzとした。液状化層（豊浦砂層）は12cmとし，液状化層上の低透水性層（微粉珪砂層）を0.5cm, 1cm, 2cmと変化させた。地表面には構造物を模した模型を設置した。模型はプラスチック性で底面が7.5cm×7.5cm，高さ12cmである。模型の重量は重りを内部に固定して，350gf, 400gf, 450gfの3条件で実験した。浮き上がり実験は地表面と構造物模型の上面が一致するように埋設した。沈下実験は構造物を直接地表面に設置した。各実験では土槽上部から噴砂発生の様子をデジタルビデオカメラで撮影した。撮影した映像から，噴砂の発生個数や面積，継続時間を求めた。

3. 実験結果と考察

1) 構造物被害と噴砂状況について

図3に沈下量と噴砂面積・個数の関係を示す。なお，構造物なしは，沈下量・浮き上がり量ともにゼロと考えている。噴砂の面積は，沈下量の増加に伴って，減少する傾向にある。噴砂の個数は，ほとんど変わらない。図4に浮き上がり量と噴砂面積・個数の関係を示す。噴砂面積

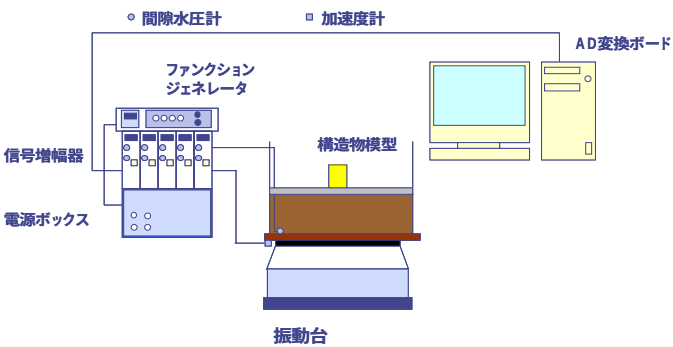


図1 振動台実験システム模式図

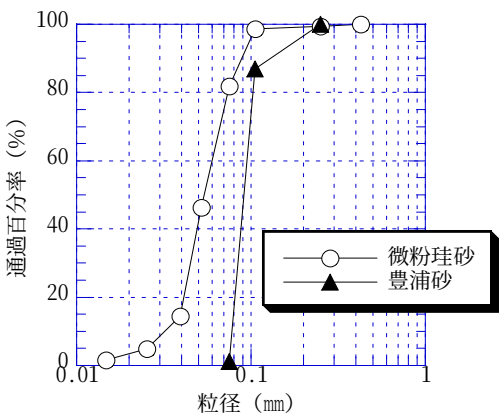


図2 粒径加積曲線

表1 各試料の物理特性

|                            | 豊浦砂                     | 微粉珪砂                    |
|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 土粒子の密度(g/cm <sup>2</sup> ) | 2.645                   | 2.675                   |
| 最大間隙比                      | 0.984                   | 1.618                   |
| 最小間隙比                      | 0.602                   | 0.876                   |
| 透水係数(cm/s)                 | 2.26 × 10 <sup>-2</sup> | 7.96 × 10 <sup>-3</sup> |

表2 実験条件

|            |           | 低透水性層層厚(cm) |           |           |
|------------|-----------|-------------|-----------|-----------|
| 条件         |           | 0.5         | 1.0       | 2.0       |
| 構造物の重量(gf) | なし        | A05-nc      | A10-nc    | A20-nc    |
|            | 350 沈下    | A05-350s    | A10-350s  | A20-350s  |
|            | 350 浮き上がり | A05-350up   | A10-350up | A20-350up |
|            | 400 沈下    | A05-400s    | A10-400s  | A20-400s  |
|            | 400 浮き上がり | A05-400up   | A10-400up | A20-400up |
|            | 450 沈下    | A05-450s    | A10-450s  | A20-450s  |
|            | 450 浮き上がり | A05-450up   | A10-450up | A20-450up |

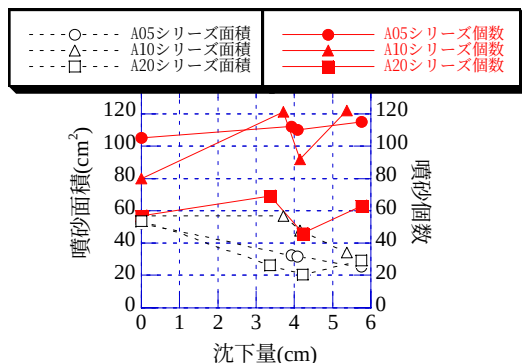


図3 沈下量と噴砂面積・個数の関係

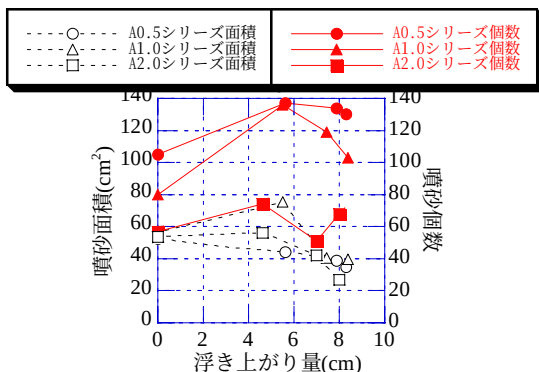


図4 浮き上がり量と噴砂面積・個数の関係

は浮き上がり量の増加に伴って減少する傾向にある。噴砂個数について、構造物がある場合とない場合では、ある場合の方が個数・面積共に大きくなっているが、これは構造物があるために構造物の振動が地盤に影響を与えたためと考えられる。構造物がある場合のみを考えると、浮き上がり量が増加するに従って、噴砂の個数・面積が減少する。これらの結果から、構造物の沈下や浮き上がりに関わらず、構造物の変位量が増加するに伴って噴砂面積や個数は若干減少する傾向にある。この理由としては、構造物の変位により砂粒子の移動量が大きくなり、1) ダイレイタンシーにより間隙水を吸収したため、2) 粒子の再配置時に緩く堆積したために間隙水が吸収されたため、等が考えられる。

#### 2) 再液状化について

図5にA05シリーズ、図6にA10シリーズ、図7にA20シリーズの加振回数と個数・面積のグラフを示す。なお、再1回から再5回加振まで全て記録されていない実験については、排出された間隙水が地表面に溜まり、噴砂がその回数以上観察できなかったためである。これらのグラフから、再1回加振以降も多くの噴砂が発生していることがわかる。特に再1回加振では、第1回加振より多くの噴砂個数・面積となっている。これは、1) 低透水性層が乱されて噴砂が噴出しやすくなったため、2) 第1回目加振で低透水性層下部に貯留された間隙水が残留したためその分噴砂が発生しやすかった、等の理由が考えられる。なお、再2回加振以降は噴砂個数・面積ともに減少する傾向にある。

#### 4. 結論

本実験では、構造物被害量や再液状化と噴砂状況の関係を調べるために、液状化による噴砂実験をおこなった。その結果、構造物の沈下・浮き上がりに関わらず、構造物の変位量が大きいほど噴砂面積や個数が減少する傾向が得られた。また、再液状化時においては、第1回の加振時より小さい振動でも多くの噴砂が発生することが分かった。

#### 5. 参考文献

1) 山口晶, 吉田望, 飛田善雄: 液状化深さが噴砂現象に与える影響について, 第12回日本地震工学シンポジウム論文集, CD-ROM, pp.710-713. 2006.11.

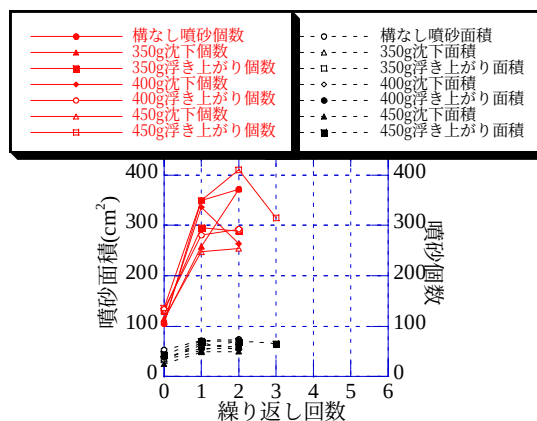


図5 低透水性層厚0.5cm加振回数と噴砂個数・噴砂面積の関係

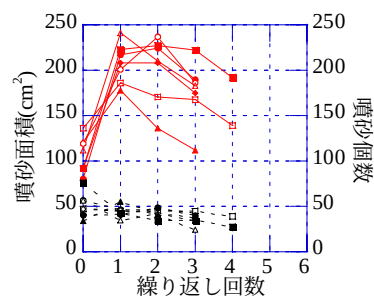


図6 低透水性層厚1.0cm加振回数と噴砂個数・噴砂面積の関係

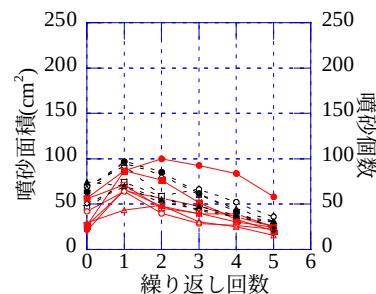


図7 低透水性層厚2.0cm加振回数と噴砂個数・噴砂面積の関係