# 再液状化時の噴砂分布に関する振動実験

山口晶<sup>1)</sup>·吉田望<sup>2)</sup>·飛田善雄<sup>3)</sup>

1) 正会員, 東北学院大学, 宮城県多賀城市中央 1-13-1, yamaguti@tjcc.tohoku-gakuin.ac.jp

2) 正会員, 東北学院大学, 宮城県多賀城市中央 1-13-1, yoshidan@tjcc.tohoku-gakuin.ac.jp

3) 非会員, 東北学院大学, 宮城県多賀城市中央 1-13-1, tobita@tjcc.tohoku-gakuin.ac.jp

### 1.はじめに

地震被害の調査では,液状化した地盤を探す場合に, 地表面に現れた噴砂を探す場合が多く,噴砂は液状化 を示す重要な証拠であるといえる.噴砂は液状化によ って排水された間隙水が砂を巻き込んで地表面に吹き 上げたものであるため,液状化した地盤状況を反映し ている可能性がある.しかし,噴砂に関する研究は, 噴砂の粒度分布特性<sup>1)</sup>や噴砂の形成過程<sup>2)</sup>に関するも のが主であり,噴砂分布と液状化深さや地盤の応力状 態を調べた研究は,いくつかの例<sup>3),4)</sup>を除きほとんど行 われていない.このような背景から,著者らはこれま でに噴砂分布と液状化層厚の関係を調べ,相関がある ことを示した<sup>5)</sup>.

本研究では,再液状化の際の噴砂状況に着目し,実 験を行った.その理由は,一度噴砂が発生した場所で 別の地震により再度噴砂が観測されたという報告があ る<sup>6</sup>こと,再液状化地盤と噴砂の関係は処女地盤のそ れと異なると考えられること,である.また,構造物 模型を地盤に設置し,構造物被害と噴砂分布の関係に ついても調べた.

#### 2. 再液状化実験

図1に振動台実験システムの模式図を示す.振動台 上に土槽を載せるための板を敷き,その上に加速度計 を,板の上に固定した土槽の底部中央に水圧計を設置 する.土槽は幅40.8cm,奥行き30.9cm,高さ21.4cm のプラスチック製である.液状化層の砂は,豊浦砂を 106µm ふるい上で洗浄し,ふるい残留分を用いた.低 透水性層に用いた砂は106µm ふるい通過分の珪砂であ る.豊浦砂を下層12cm,珪砂を上層2cmとした.

上記の地盤について構造物無し,構造物の浮き上が り,構造物の沈下,の条件で実験を行った.構造物の 見かけの質量は350g,400gとした.模型はプラスチッ ク容器で底面が幅7.5cm,奥行き7.5cm,高さ12cmの 直方体である.質量は構造物模型の中に固定した金属 製の重りを入れて調整した.沈下条件では構造物模型 は地表面に静置し,浮上がり条件では構造物の上部平 面と地表面が一致するよう埋め込んだ.なお,地下水 面は地表面と一致するよう作製した.

全ての実験で振動加速度は水平方向に約8m/s<sup>2</sup>,振動 数は10Hzとした.振動回数は,第1回目が60回,再 液状化の1回目以降を10回とした.再液状化回数は5



回までとした.加速度と水圧はサンプリング周波数 1000Hz でコンピュータにより自動計測した.

表1に実験条件を示す.本論文中は,一回目の振動 を第1回目振動,それ以降の再液状化実験を再1回~ 再5回と表現する.全ての実験において,土槽上部か らデジタルビデオカメラで撮影し,ビデオカメラから 噴砂状況を目視でトレースした.なお,側壁に沿って 噴出した部分についてはトレースを行っていない.

図2に試料の粒径加積曲線 表2に物理特性を示す. 豊浦砂の透水係数は定水位透水試験, 珪砂は変水位透 水試験で求めた.

#### 3.実験結果

図3に第1回目実験時の構造物の沈下・浮上がり量 と噴砂の面積・個数の関係を示す.構造物の沈下・浮 上がり量の増加に伴って噴砂面積・個数は若干減少す



噴砂個数( 20 0 5 0 再液状化回数 図4 浮上がり条件の再液状化回数 と噴砂面積・個数の関係

圄 80

る傾向にある.これは構造物の変位により,周辺の地 盤にダイレイタンシーが発揮され,間隙水が吸収され たためと考えられる.

図4に浮上がり条件の,図5に沈下条件の再液状化 回数と噴砂面積・個数の関係を示す.ただし,両条件 とも,ほぼ第1回目振動時(再液状化回数0回)に構 造物の変位は終了しているため,再1回以降は構造物 の影響はほとんどないと考えてよい.浮上がり条件と 沈下条件の両条件とも,第1回目振動よりも再1回, 再2回振動の方が噴砂面積・個数ともに大きくなって いる.再液状化時には,少ない振動回数でも噴砂面積・ 個数が大きくなることが示された.

図 6 の(1)に A20-350s (2)に A20-350up (3)に A20-400s (4)に A20-400upの 再1~5回のトレース図を重ねたも のを示す.図のように再液状化で発生する噴砂はほぼ 同じ場所から噴出していることがわかる.これは,噴 砂が一度発生した低透水性層には砂脈ができており、 再度の振動に対して噴砂を発生しやすくなっているた めであると考えられる.

### 4.結論

本研究から,再1~2回に発生する噴砂の面積・個 数は第1回目振動より振動回数が少ないにも関わらず, 多くなった.また,本実験から噴砂は一度発生した場 所から発生しやすいことがわかった.地震動を経験す るに従って液状化しにくくなり,排出する間隙水も減 少すると考えられるが , それと同時に低透水性層も噴 砂によって撹乱されたり砂脈ができたりするため,噴 砂の個数や面積が増加する場合があると考えられる. ただし,本実験では,地下水面は地表面と一致させて おり,振動時には上層の低透水性層も液状化していた. 従って,本実験結果は,地表面付近まで液状化するよ うな限定的な条件における結果である.

## 参考文献

1) 沼田淳紀,森伸一郎:液状化による噴砂の粒度組成



図6 再1~5回のトレース図

に基づいた非液状化層の評価法の提案,第38回地盤 工学研究発表会, pp.1989-1990, 2003.

- 2) 沼田淳紀, 染谷昇: 簡易振動実験による液状化によ って噴出した土の粒度組成,第34回地盤工学研究発 表会, pp.1957-1958, 2004.
- 3)田中秀樹,片田敏行,末政直晃,目黒栄冶:福井地 震に見られる液状化による噴砂孔の分布,土木学会 第49回年次学術講演会, pp.630-631, 1994.
- 4)納口恭明:レーリー・テイラー不安定による噴砂現 象 第37回地盤工学研究発表会 pp.2003-2004 2002.
- 5)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.
- 6)地盤工学会 2003 年三陸南地震および宮城県北部地 震災害調査委員会,2003年三陸南・宮城県北部地震 災害調査報告書,2003.