

Ⅲ－33

振動台を用いた液状化による噴砂の再現実験

東北学院大学 学生員 ○日野友則 大沼浅未 庄子大貴
正会員 斎藤孝一 山口晶 飛田善雄

1. はじめに

地震の災害調査において噴砂は液状化を示す重要な証拠である。本研究では小型電動振動台を用いて噴砂実験を行い、地盤条件や振動条件と噴砂パターンについて検討を行なった。本実験では、液状化層の上層に透水性の低い層がある場合に発生する噴砂を対象とした。

2. 噴砂の再現実験

図-1に使用した振動台と土層を示す。振動台は50×50cm、土層は市販の水槽で、高さ21cm、幅30cm、奥行き18cmのものを使用した。実験条件を表-1に示す。上層の透水性の低い層としてアルバニー磁選細粒砂(106μmふるい通過分)を、下層の液状化層として豊浦砂を用い、上層の層厚や振動回数を変化させた実験を行なった。なお、SC-1は5mmのアルバニー層を表面から2cm間隔で4層作製した実験(振動回数30回)である。地盤は水平地盤と傾斜地盤(6°と9°)を想定した。なお、全ての条件で振動加速度は約600gal、振動数7Hzとした。図-2に各試料の粒径加積曲線を示す。

3. 実験結果

図-3にa)SA-1, b)SA-3, c)SA-4の振動直後の写真を示す。これらの実験は、それぞれの上層の層厚が異なっている。写真では見づらいが、SA-1とSA-3では噴砂はほぼ等間隔で発生している。また、層厚が厚くなると、噴砂間隔が大きくなっている。SA-4では噴砂が発生せず、上層下部に水膜が発生し5mm程度上昇した後停止して、振動終了後20秒程度で水膜の目視ができなくなった。

図-4にa)SB-1, b)SB-2, c)SB-4の振動直後の写真を示す。これらの実験は振動回数が異なっている。写真では見づらいが、全ての実験で噴砂が等間隔に発生している。しかし振動回数の多いSB-4の方が、砂脈の幅も太くその間隔も大きくなっている。なお、SB-4では豊浦砂の上昇が激しく、左側では水道ができていた。

図-5に4層にしたSCの振動直後のa)10秒後, b)15秒後, の写真を示す。振動終了10秒後はアルバニー層の4層目に水膜が発生するが、15秒後に4層目から3層目に渡って砂脈が発生するとともに3層目に水膜が発生した。その後4層目の水膜がなくなるが、3層目の水膜は発生したままであった。水膜が発生したとき、アルバニー磁選細粒砂の砂粒子が水膜中を沈降し下部に堆積する過程がはっきり目視できた。

以上の実験結果をまとめると以下ようになる。

- ・地盤条件によって、噴砂が発生する場合と水膜が発生する場合の2つのタイプがある。
- ・水膜は全て透水性の低いアルバニー層内で発生し、その条件は、層厚が厚い(3cm)条件、上層を締め固めた条件、層序をもつ条件である。
- ・上層にアルバニー磁選細粒砂が存在し、水膜が発生しない場合は、本実験では全ての条件で噴砂が発生した。

4. 考察

実験結果で求められた、噴砂が発生する場合と水膜が発生する場合の理由を考察する。

振動を加えると、下層の豊浦砂の層で過剰間隙水圧が発生し、液状化が起こる。砂粒子同士のかみ合わせがはずれて沈下堆積する過程で間隙水が上方に移動する。このとき、透水性の低い層の下部で間隙水が貯留する。上層が薄い場合や緩い場合、密度の小

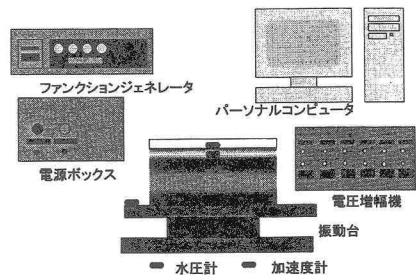


図-1 使用した振動台と土層

表-1 実験条件

実験名	SA-1	SA-2	SA-3	SA-4	SB-1	SB-2	SB-3	SB-4	SB-5	ST-1	ST-2	K-1	K-2	SC
上層層厚(cm)	0	1	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	---
下層層厚(cm)	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	14-17	12-17	---
振動回数(回)	20	20	20	20	20	25	30	35	40	30	30	30	30	---
地盤条件	水平	水平	水平	水平	水平	水平	水平	水平	水平	水平	水平	傾斜	傾斜	水平
その他										上締固	下締固	6°	9°	4層

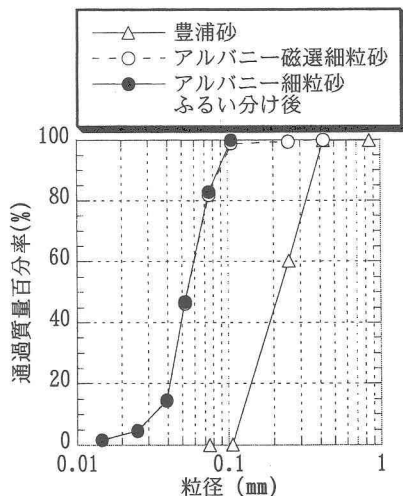


図-2 粒径加積曲線



a) SA-1

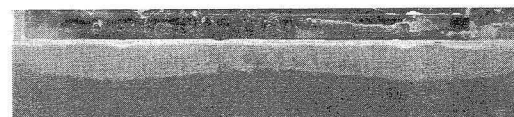


b) SA-3



c) SA-4

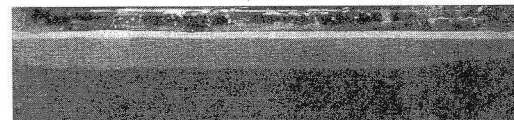
図-3 上層の層厚が異なる実験の噴砂発生図



a) SB-1



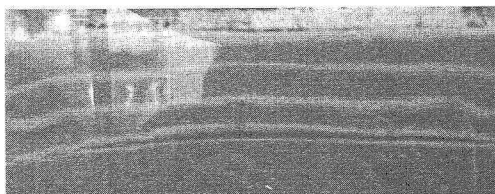
b) SB-2



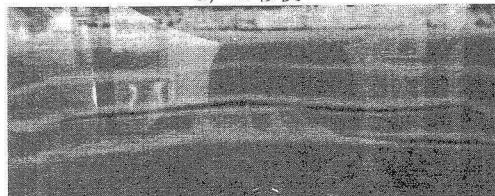
c) SB-3

図-4 振動回数が異なる実験の噴砂発生図

参考文献 納口恭明: レイリー・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発表講演集, pp.2003-2004, 2002.



a) 10 秒後



c) 15 秒後

図-5 SC の噴砂図

さい液体の上に地盤が載っている状態となり不安定になる。上層に弱いところがあった場合、水が集中し、更に不安定になる。この不安定現象が相乗的に継続して発生し、その部分で噴砂が発生する¹⁾。上層が締め固まっていたり層厚が厚い場合、全体的に砂粒子がしっかりとみ合っているため、弱いところに水が集中して相乗的に不安定になる現象が起こりにくい。ただし、水が透水性の低い層の下部に貯留されて水膜が発生すると、水膜に接している透水性の低い層の下部では砂粒子のかみ合わせがはずれ、徐々に水膜の中を沈降し水膜の下部に堆積する。これらが継続的に発生すると、水膜が上方に移動する。ただし、砂粒子が水膜下部に堆積する過程で非常に緩く堆積し、また間隙水も消散するため、水膜が徐々に小さくなっていく。本実験では、最終的に水膜が目視できなくなった。

SCの実験の場合は次のように説明できる。表面から4層目のアルバニー層では、上載圧が大きいため水膜が発生した。水膜がアルバニー層を上方に移動し、豊浦砂の層に達すると透水性が急に大きくなるために、水膜の水がアルバニー磁選細粒砂を巻き込んで一気に上方に流れる。この水が表面から3層目のアルバニー層に達すると新たに水膜を形成しアルバニー層を上方に移動する。

地表面の地盤が道路等しっかりした地盤の場合、間隙水が消散した後は水膜の存在した部分が広範囲の空洞あるいは緩い層となる可能性がある。2004年新潟地震では道路の陥没が長期にわたって次々と発生したとの新聞報道があったが、これら水膜跡の緩い層に道路基盤等が徐々に陥没した可能性もある。

5. 終わりに

本実験では、透水性の低い層として用いたアルバニー磁選細粒砂が振動によって液状化していた。上層が液状化しない場合等を検討する必要がある。