

# 振動台実験とクイックサンド実験による再液状化メカニズムの検討

東北学院大学 学生員 ○大熊浩輝 加藤慎一 菅智子  
東北学院大学 正会員 山口晶 飛田善雄

## 1. はじめに

再液状化とは、一度液状化した地盤が再び液状化する現象をいう。本研究では、振動台を用いた再液状化実験を行い、ハンドベーン試験で計測したせん断抵抗の深さ方向の分布の変化から、再液状化メカニズムの考察を行う。

## 2. 再液状化実験

### 2.1. 実験概要

図-1に試験システムの概要図を示す。試験システムは、振動台と土槽及び制御計測システムから構成されている。土槽はアクリル製で、幅40.0cm、奥行き32.0cm、高さ30.0cmである。土槽の長辺側に模型地盤表面から5cm, 10cm, 15cmの深さに水圧計を設置した。振動台の振動条件は以下の通りである。振動回数は20回, 40回の2パターン、加速度振幅は水平方向に $1.5\text{m/s}^2$ ,  $8.5\text{m/s}^2$ の2パターンである。表-1に実験ケースを示す。ファンクションジェネレータで加速度振幅・振動周波数を設定し、振動台の制御を行った。振動台には土槽と加速度計を固定した。ハンドベーン試験器は、ベーン幅1.5cm、高さ1.0cm、ロッドの直径0.6cm、長さ20.0cmである。トルクメータは $0.05\text{N}\cdot\text{m}$ を使用し、計測不能になった場合のみ $0.20\text{N}\cdot\text{m}$ を使用した。計測毎に計測位置をずらし、計測深さは模型地盤表面から2cmおきに16cmまで計測した。計測は振動前及び4回の振動毎にそれぞれ行った。

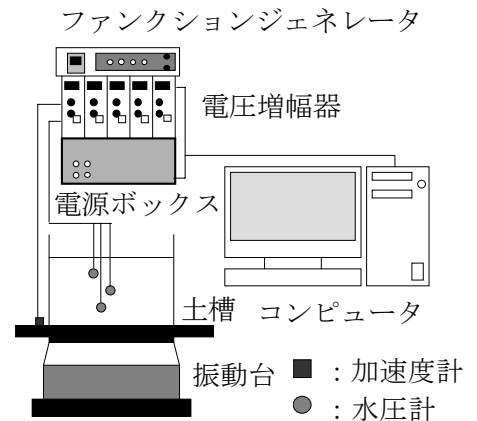


図-1 試験システム概要図

表-1 再液状化実験の実験ケース

| 実験ケース                   | SF1.5-20 | SS1.5-40 | SS8.5-20 | SF8.5-40 |
|-------------------------|----------|----------|----------|----------|
| 加速度振幅( $\text{m/s}^2$ ) | 1.5      | 1.5      | 8.5      | 8.5      |
| 振動回数(回)                 | 20       | 40       | 20       | 40       |

試料は豊浦砂 35000g とした。これに水 12000g を使用し、水中落下法により模型地盤を作製した。

### 2.2. 実験結果

図-2～図-5に各実験ケースの深さ-せん断抵抗のグラフを示す。振動回数が増加するか加速度振幅が増加すると、せん断抵抗は増加する傾向にある。ただし、図-3と図-5を比較すると、SS1.5-40では10～15cmの深さのせん断抵抗が増加し、SF8.5-40では12cm以深でせん断抵抗が増加している。加速度振幅が小さいと底面から伝わった振動が中層部まで伝達するため、中層部でせん断抵抗が増加すると思われる。加速度振幅が大きい条件で、底層部のみせん断抵抗が増加した理由は、1)底層部が激しく液状化し中層部で砂があまり乱されなかった、2)底層部の液状化により上向き浸透流が発生して中層部で密度増加が発生しなかった、という2つの

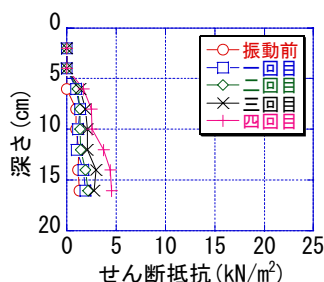


図-2 SF1.5-20 の深さ - せん断抵抗関係

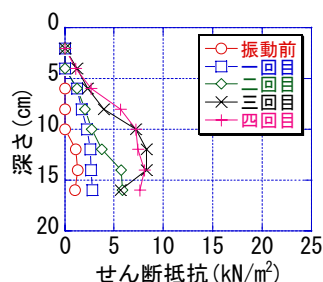


図-3 SS1.5-40 の深さ - せん断抵抗関係

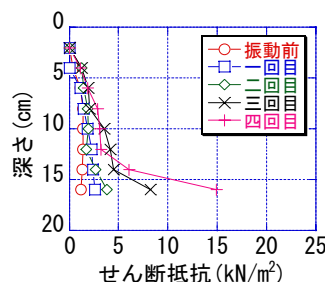


図-4 SS8.5-20 の深さ - せん断抵抗関係

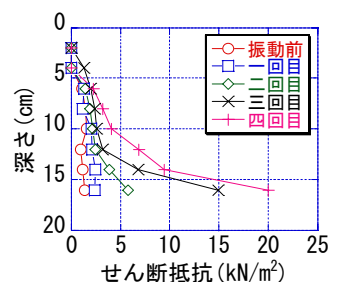


図-5 SF8.5-40 の深さ - せん断抵抗関係

理由が考えられる。

そこで2)の上向き浸透流に着目し、上向き浸透流が再液状化に与えている影響をクイックサンド実験から確認することとした。

3. クイックサンド実験

3.1. 実験概要

図-6に試験システムの概要図を示す。試験システムは、クイックサンド試験機及び制御計測システムから構成されている。土槽はアクリル製で、幅40.0cm、奥行き32.0cm、高さ40.0cmである。土槽底層部に小穴の開いたホースを取り付け、小石を敷き詰めてフィルター層とした。さらに、小穴の開いたアクリル板をフィルター層の上に設置し固定した。アクリル板には目の細かい金網を貼り付けた。土槽とバケツ水槽をつなぐホースの間にコックを設けた。バケツ水槽を設置する位置によって動水勾配を変化させた。水圧計の設置位置、使用したハンドベーン試験器及びトルクメータは、再液状化実験と同様である。模型地盤は水17000gをいれた後、豊浦砂35000gを静かに落下させて堆積させ、土槽側面を木槌で叩いて相対密度約55～60%となるように調整した。せん断抵抗の計測は、通水前と通水後にそれぞれ3箇所で行った。また、動水勾配は限界動水勾配とその2倍とした。表-2に実験ケースを示す。

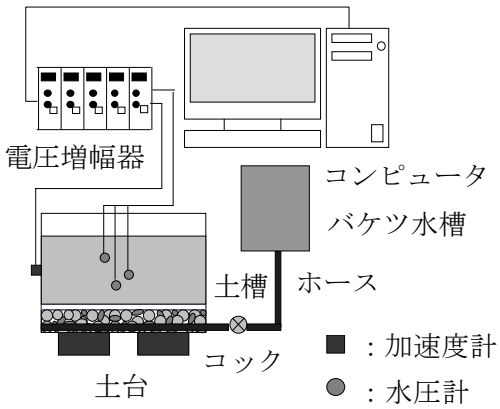


図-6 試験システム概要図

表-2 クイックサンド実験の実験ケース

| 実験ケース | KM-D   | KM-D2     |
|-------|--------|-----------|
| 動水勾配  | 限界動水勾配 | 限界動水勾配の2倍 |
| 相対密度  | 57.8%  | 55.5%     |

3.2. 実験結果

図-7にKM-Dの、図-8にKM-D2の通水前と通水後の深さ-せん断抵抗のグラフを示す。①～③は通水前の、④～⑤は通水後の計測位置を示している。クイックサンドは動水勾配が限界動水勾配の2倍の条件のみで発生した。図-7のKM-Dではクイックサンドは発生していないが、通水後せん断抵抗は若干低下している。また図-8のKM-D2では、通水後にクイックサンドが発生した地点(⑥)では特にせん断抵抗が低下した。

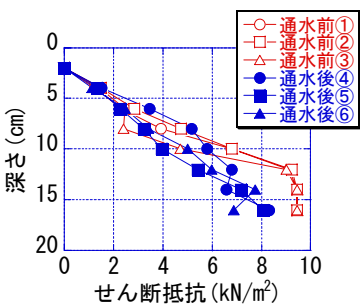


図-7 KM-Dの深さ-せん断抵抗関係

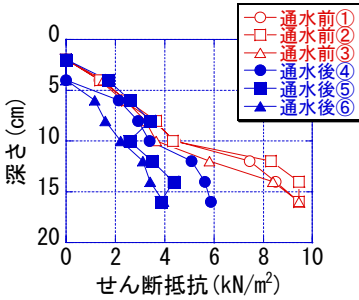


図-8 KM-D2の深さ-せん断抵抗関係

クイックサンドが発生した場合、地盤が激しく攪乱されるためせん断抵抗が低下する。ただし、クイックサンドが発生しない条件でも、上向き浸透流が模型地盤を攪乱していると考えられる。

4. 考察

再液状化実験の振動によって液状化し過剰間隙水圧比が1.0となった条件は、クイックサンド実験において動水勾配を限界動水勾配とした実験条件と一致する。動水勾配を限界動水勾配とした実験において、クイックサンドが発生しなくてもせん断抵抗が低下した。このことから、再液状化実験SF8.5-40において激しく振動させたにもかかわらず中層部のせん断抵抗が増加しない理由として、上向き浸透流の影響が挙げられることが確認できた。

5. まとめ

再液状化実験とクイックサンド実験により、地盤が再液状化する理由を述べた。振動による模型地盤底層部の間隙水の排水によって上向き浸透流が発生する。その上向き浸透流が再液状化の発生に影響を与えている可能性があることを示した。