

砂の水の通しやすさと最大間隙水圧の関係

The Relationship between the Quantity of Water passing through Silica Sand
and the Maximum Value of the Pore-Water Pressure

千葉県立船橋高等学校理数科 3 年
井野場遼馬 中川権人

Abstract

When sands whose gaps are filled with water and air are shaken, sands behave as liquid – liquefaction. Liquefaction relates to the pore-water pressure, the pressure of water around the sands grains. We examined the relationship between the sand condition, close or loose, and the maximum value of the pore-water pressure. First, we quantified the sand condition. We put silica sand into the device, ran water into the device with constant time and pressure, and measured the quantity of permeance. Then, we shook the device and measured the maximum value of the pore-water pressure. We used 5 types of silica sands having different fineness. Type A consists of fine grains smaller than 0.5mm, while type B does rough grains of which diameter are in the range 0.5–1.0mm. Types C, D and E are the mixture of types A and B. The result shows graphs of A, C, D and E match. Namely, the conditions of the only fine sands and the mixture of fine, rough sands are the same on the liquefaction. Also, the result shows the more the fine sands have rough sands, the less large pore-water pressure is.

はじめに

液状化の研究は課題研究でこれまでも数多く行われてきたが、数値化が難しくあまり良い成果は得られていない。また、研究機関で行われている液状化の実験は非排水条件での実験のため実際の液状化とは条件が異なってしまう（自然界では排水条件）。そこで私たちは液状化と密接な関係にある間隙水圧に着目して、排水条件でかつ数値化をしやすい装置を作り、実際の液状化に近いモデル実験を行った。

研究目的

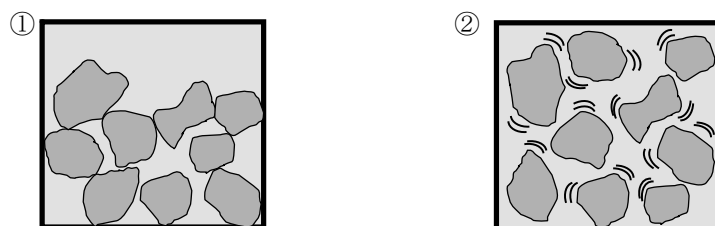
以前行っていた研究から間隙水圧の変化の仕方には砂の状態（疎密）が影響することが分かった。そこで、間隙水圧と砂の疎密にはどのような関係があるのか、またその関係は何を意味するのかについて実験し考察する。

原理

間隙水圧とは…砂粒の周りにある水の圧力のこと。

＊メカニズム

液状化の起こる前の砂は、砂が水で飽和し砂粒同士がわずかに支え合っている不安定な状態にある（…①）。ここに振動を与えると間隙水圧が上昇し、砂粒同士のつながりが切れて、砂は液体のような状態になる（…②）。つまり、発生した間隙水圧が大きいほど液状化の程度は大きいと言える。



研究方法

1. 使用したもの

① 装置

15×15×1.5 (cm³) のプラスチック容器の側面二か所に穴をあけ、そこにチューブを通したもの。

② 砂

ふるいを用いて、珪砂を（ア）粒径—0.5mm と（イ）粒径 0.5—1.0mm に分け、それらの混ぜる比率によって 5 種類の砂を作った。

A : 0 B : 1.0 C : 0.21 D : 0.50 E : 0.75（全体の質量に対する（イ）の割合）

2. 砂の疎密の定量化

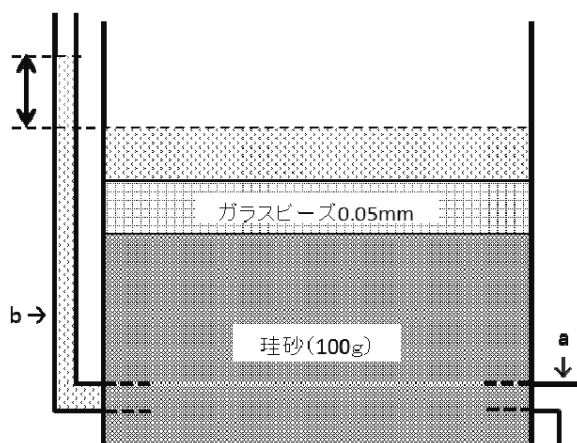
- ・砂に水を一定時間一定圧力で流し、出てきた水の量（以下透水量）を量る。
透水量は、砂が密の状態であれば少なくなり、砂が疎の状態ならば多くなる。
- ・砂を装置に入れたときに混ぜ方を変えることによって砂の疎密を変える。

① 装置に珪砂を 100 g 入れ、装置を水で満たした。

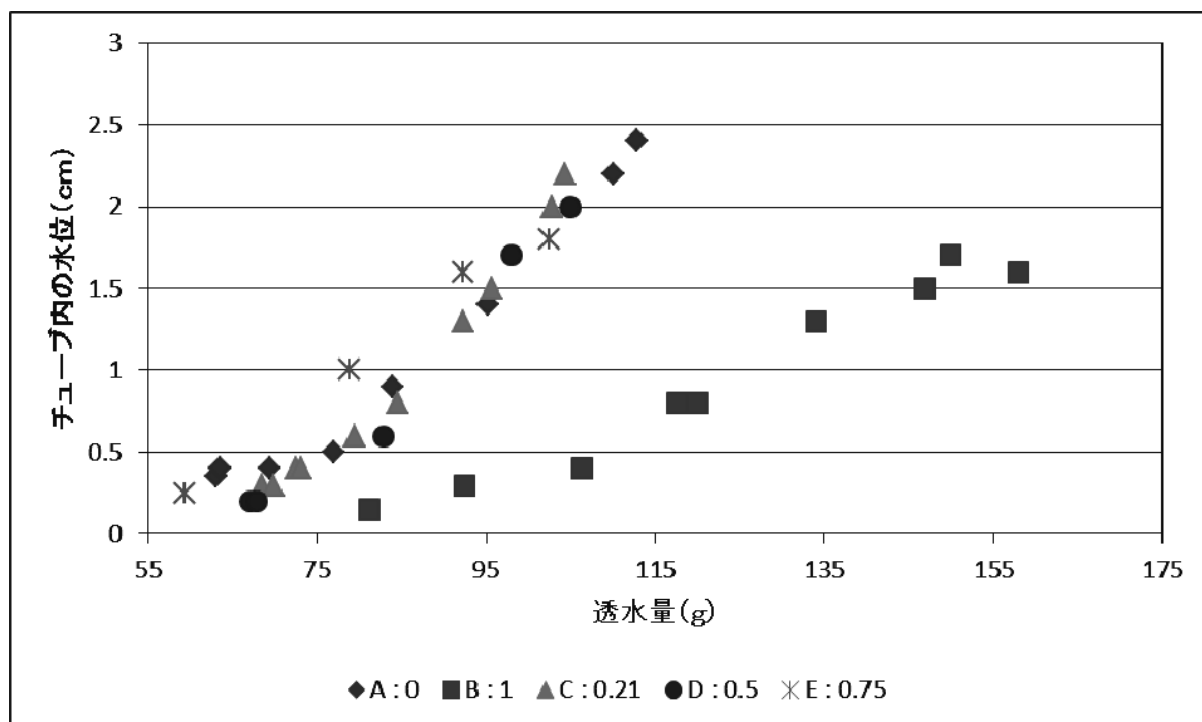
② チューブ a から水を 30 秒間流し、透水量を測定した。このとき装置内の水位が常に一定になるように装置内に水を入れた。

3. 間隙水圧の測定

- ・間隙水圧が上昇することによって、チューブ b 内の水位が上昇する。この水位の変化の最大値を測ることで最大間隙水圧を調べた。
 - ・透水量と間隙水圧の変化を調べるので 2 と 3 は連続して行う。
- ③ 装置内の珪砂の上に、不透水層となるガラスビーズ（粒径 0.05mm）を厚さ 1 cm 入れた。
不透水層は間隙水圧の変化を明確にする役割を果たす。
- ④ 振動装置を用いて装置を一定時間水平方向に揺らした。
- ⑤ チューブ内の水位の変化の最大値を測定した。



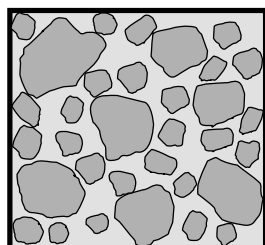
研究結果



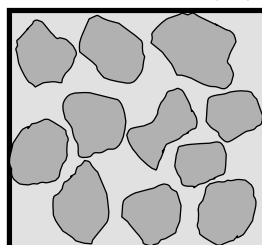
考察

1. グラフの二極化について

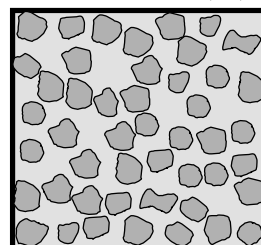
マトリックスサポート



クラストサポート (i)



クラストサポート (ii)



一般的に、マトリックスサポートの透水性とクラストサポート (ii) の透水性は一致することが知られている。結果から、クラストサポート (ii) である A とマトリックスサポートである C.D.E のグラフがほぼ重なっていることがわかるので今回得られたデータは妥当であるといえる。

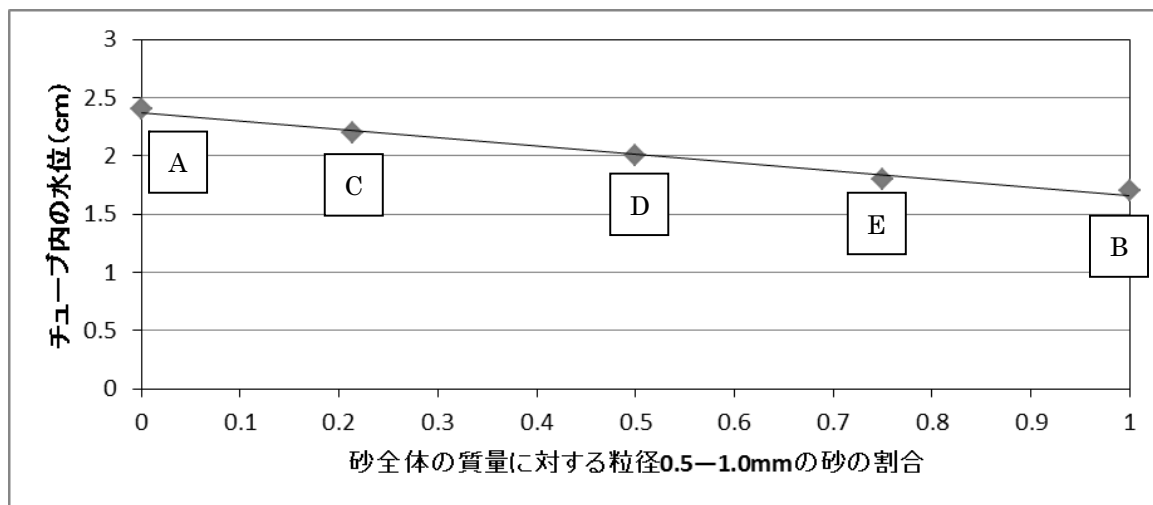
特に、E のグラフ、つまり砂全体の質量に対する粒径 0.5—1.0mm の砂の割合が 0.75 の場合においても A のグラフとほぼ重なることから、粒径の大きな砂に対する小さな砂の影響は非常に大きいことがわかる。

一方で、B は A.C.D.E に比べて透水量が多くなることがグラフから分かる。

これらのことは、小さな砂粒が大きな砂粒の周りにより、隙間を埋めて透水量を減らしたと考えることで説明することができる。

2. 最大間隙水圧の最大値について

それぞれの砂における最大間隙水圧の最大値と、砂全体の質量に対する粒径 $0.5\text{--}1.0\text{mm}$ の砂の割合の関係は、次のグラフになった。



グラフから全体の質量に対する粒径 $0.5\text{--}1.0\text{mm}$ の砂の割合が大きくなると最大間隙水圧の最大値は一定の割合で小さくなるのがわかる。つまり、粒径の大きな粒よりも小さな粒の方が発生する間隙水圧は大きくなり、小さな粒に大きな粒が混ざれば混ざるほど間隙水圧は上がりにくくなるということが言える。

結論

砂の状態が疎であるほど、また粒径が小さいほど発生する間隙水圧が大きくなる。これはマトリックスサポートにおいても言うことができ、このときは全体の質量に対する粒径の比率が間隙水圧に影響を与える。これらのことは実際の液状化においても言える。

今後の課題

これからは A.C.D.E と B の間のグラフ、つまりマトリックスサポートから抜け出す条件を見つけたい。また、もっと多くのデータを取って粒径の比率と間隙水圧の関係を確立したい。

謝辞

岡崎浩子先生（千葉県立中央博物館）

風岡修先生（千葉県環境研究センター）

とても参考になる貴重なアドバイスを頂きました。ありがとうございました。

感想

- 今回の実験方法にたどり着くまでが長くとても大変で、様々な方法を繰り返してはめばしい結果が得られず、考察して方法を改良することの繰り返しでした。岡崎先生や風岡先生をはじめ多くの人からヒントを頂き、最終的にこの研究までたどりつきました。だからデータをとる時間が少なく、11月から毎日地学室で何かやっているという状況になってしまいました。

参考文献

- 絵とき 地震による液状化とその対策 監修：全国地質調査業協会連合会 編：関東地質調査業協会 液状化研究会
- 平成26年版 千葉県環境白書 2. 液状化－流動性のメカニズム解明に関する研究
- 宮田雄一郎（日本堆積学会, 2010）P-4 2. 物性と応力
- <http://www.lt-landtext.com/tsuchinoto.htm> 土質調査