# 液状化メカニズムの仮説

基礎設計室　　永田　和之

## １．はじめに

東日本大震災では、関東地方の埋立地や沖積層の砂地盤において液状化による顕著な住宅被害が発生した。住宅が傾き、地割れと噴砂が見られた。液状化は一戸建て住宅を所有する人々にとって脅威であり、対策が急務となっている。

液状化はなぜ起こるのか。地盤専門家は皆、**『地震動によって、過剰間隙水圧が発生、緩い砂が浮遊状態となり、支持力を失い住宅が沈下する』**と答えるであろう。

私もそう信じている一人である。模型実験で素人に説明しようと思い実験をしてみた。

ペットボトルの実験から液状化のメカニズムに新しい発見があったような気がしたので以下に報告する。

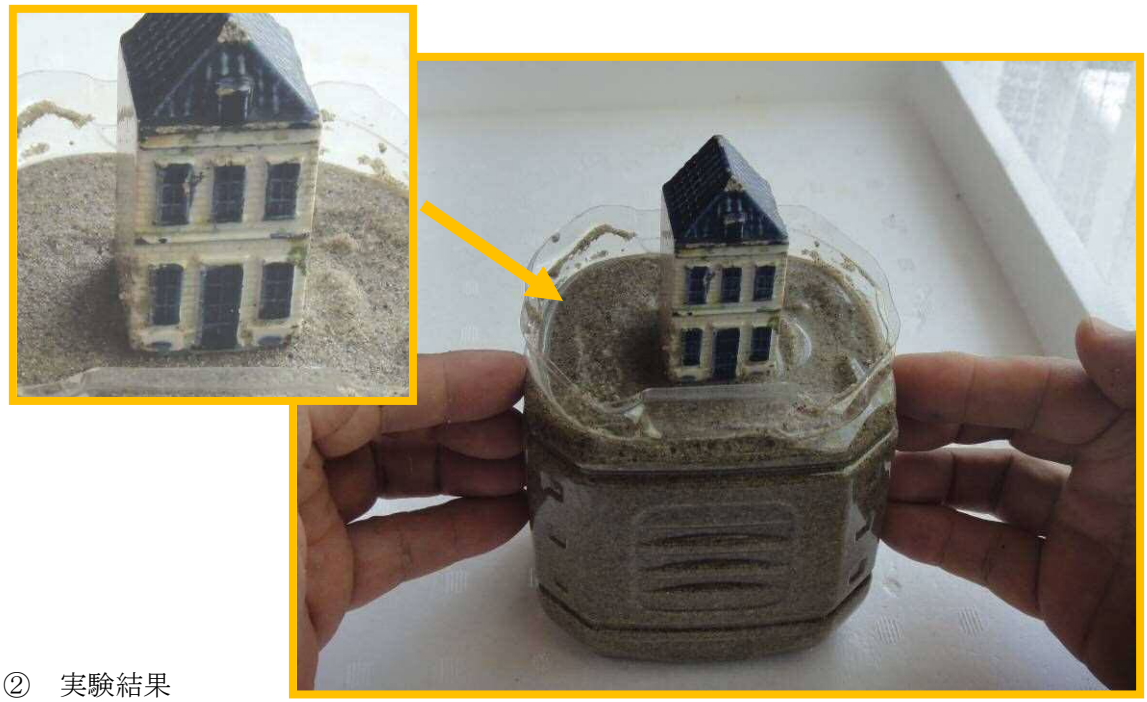
## ２．実験で気付いたこと

①　実験

**その１**　振動を与えないように水平移動を繰り返しても液状化しない。

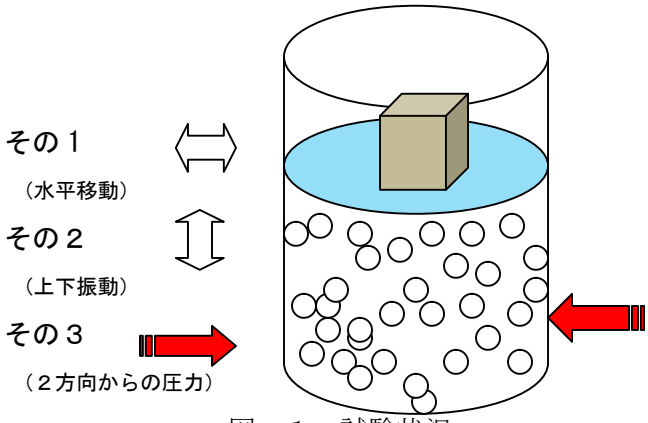
**その２**　振動を与えると液状化する。

**その３**　ペットボトルを横から押したり離したりを繰り返すと液状化する。

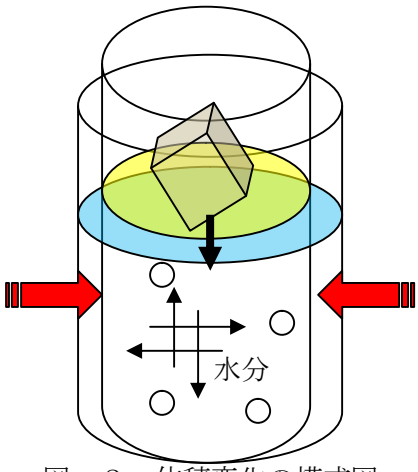


②　実験結果

**その 2** では、振動を与えると液状化するが、容器の中で何が起きているかわかりにくい。**その 3** では、ペットボトルは、薄く柔らかいプラスチックで、両方から押す事によって、容器の体積変化が起こっている事に気が付く。




図－１　試験状況




図－２　体積変化の模式図

③　まとめ

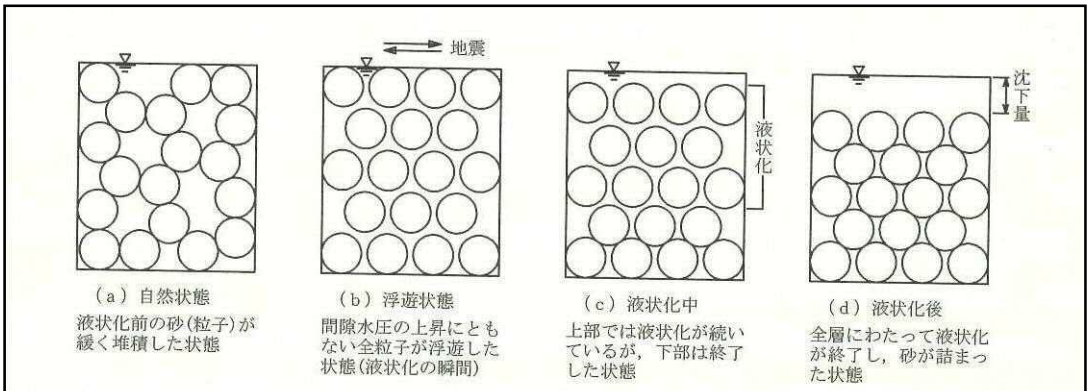
体積変化のうち、体積が減少すると、圧縮できない土中の水分には過剰な間隙水圧が発生する。次に、体積が復元（増加）すると、負の間隙水圧が発生する。すなわち、体積変化が起こると、ボトル（土中）の中の水分が押されたり、引かれたり、している事になる。間隙水圧の増減は、瞬間的に大きな圧力差を生じ、爆発に似た地下水流動の発生が土粒子を移動させているのではなかろうか。

一方、体積変化は、徐々に土粒子の骨格を壊し、土粒子の移動を容易にする効果がある。

**液状化は、地震動に伴う体積変化によって、間隙水圧の増減を生じ、急激で短期的な地下水流動が発生する。さらに、土粒子によって構成される骨格の破壊が起こる。これにより土粒子は浮遊状態を起こしているのでないか。**と考えた。

## ３．文献調査

まず、文献による液状化のメカニズムを確認してみる。




図－3　液状化のメカニズム

文献では、液状化のメカニズムについて以下の記述がある。

**『飽和状態にある粒径のそろった緩い砂質土が地震などによって揺すられた場合、砂粒子間に存在する間隙水の水圧が次第に上昇し、ついには砂粒子の噛み合わせが外れ、砂粒子は水中に浮遊した状態になる。このように、外力によって、せん断力が繰返し作用し、砂質土が液体状になる現象を液状化現象と呼んでいる。』　日本建築学会『小規模建築物基礎設計指針』P88 抜粋**

間隙水圧がなぜ次第に上昇するのか。せん断力が繰返し作用するとなぜ液体状になるのか。よく解らない。体積変化や地下水の急激な流動は述べられていない。

## ４．考　察

液状化の説明に、海岸の水際を歩くと足跡の砂が浮遊状態となる。これが液状化だと説明している。これは、人の体重により、砂地盤が圧縮し、過剰間隙水圧が発生、足を離すと荷重が減り、体積が急に増えるので負の間隙水圧が生じ、吸水作用が起こり、砂の浮遊状態（液状化）が生じる。液状化は急激な体積変化によって起こる仮説を示している例だと推論できる。

地下水が噴き上がる現象（噴砂）は、地下水流動が地表に噴出したと考えるのは、容易に連想できる。地割れは、体積変化の証拠であるとも推論できる。

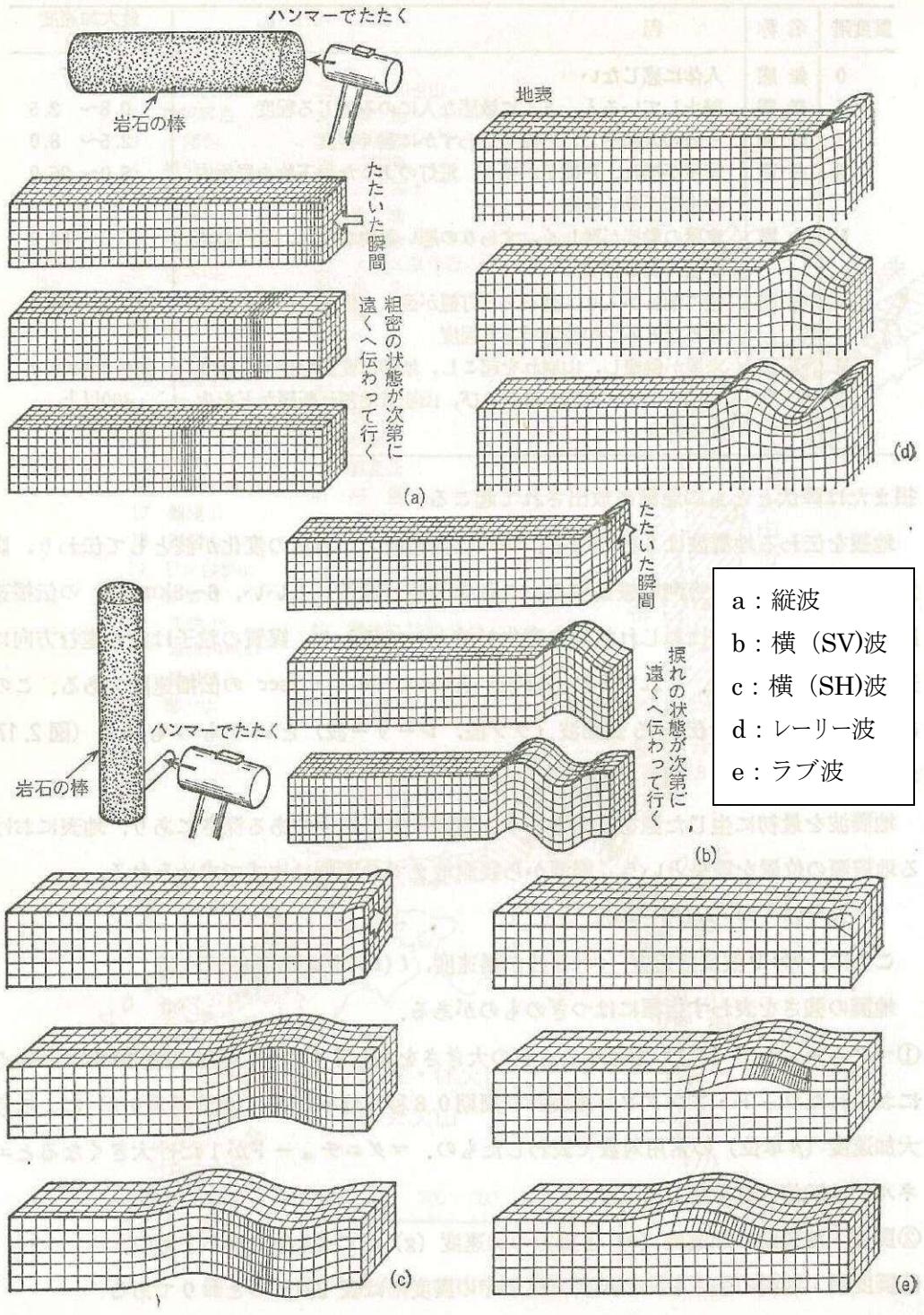
地震の揺れは、本来、震源地からの地震波の伝播によるものであり、地震波は介在する地盤に波を起こして伝わる。地盤に上下左右の振幅を起こす。土塊には、粗密状態が繰り返される。各種地震波の伝わり方（竹内均による）がわかり易い。(図－4)

ここで、私は、液状化現象のメカニズムに、以下の仮説を提案する。

**地震動の伝達　⇒地盤の粗密　＝体積変化の繰り返し**
**⇒地下水流動の発生＋土粒子骨格の破壊**
**⇒土粒子の浮遊＝液状化（支持力喪失）　⇒噴砂（水）**

液状化の判定では、沖積層の砂質土層に限定されるが、沖積粘土層では、透水性が低く、地下水流動が生じ難く、体積変化しても、構造が壊れ難いので液状化現象は起こらない。一方、粗密の繰り返しによって体積変化を起こせば洪積砂質土層でも液状化が発生する可能性があり、大規模地震や重要構造物では検討が必要かもしれない。

液状化対策では、砕石ドレーン、杭工、固結工（地盤改良)、などがあるが、既存住宅では、周囲を矢板で囲む事や、地盤改良杭を連続させる（連壁）ことが考案される。固い連壁で締め切ると地震時の横揺れに対し、揺れ難くなると共に、体積変化を起し難くなる効果があり、液状化対策としての有効性が説明できる。過剰間隙水圧を吸収する砕石ドレーンも有効であるが、体積変化を吸収するスポンジ状のドレーンはどうでしょうか。この仮説が妥当であれば、今後、液状化対策の新工法が生まれるかもしれない。




図－4　各種地震波の伝わり方（竹内均による）