

手軽にできる科学教育用地盤液状化実験

防災科学技術研究所 納口恭明・田村修次・中村いずみ

1. はじめに

様々な災害現象の中で、地震による地盤の液状化現象に関する一般人の知見は、現象自体は特殊であるにもかかわらず、マスコミ報道とも関係して、比較的高いものがある。その一方で、専門外の学識経験者を含めて一般の人々には、そのメカニズムに対する大きな誤解があるように思われる。それは、振動が継続する限り液状化は励起され続けるという点である。これは、日常生活の経験でもある、粉体を上下方向に振動させるとその粉体が流体的な挙動をするという粉体振動層的な発想から来るものと思われる。その点で、専門家の認識と一般の認識とに大きなギャップがあるように思える。

青少年の科学技術離れが問題視されるようになって久しい。災害現象は、社会的な影響とも関連して、様々な自然現象の中では、多くの人々に知られており、現象自体の危険性は別として、共通的な関心を惹く身近なものである。このため、災害現象は防災教育のみならず科学教育そのものの素材としても意味がある。

本報告は、身近な現象であると同時に、まだ十分原理が一般にまでは知られていない地震による地盤の液状化現象を対象として、その原理を、誰でも簡単に用意できる身近な材料を用いて、直感的に理解できるような実験方法の紹介である。

2. 液状化が可能な状態へのリセット方法

実験では①透明で、比較的凹凸のないペットボトル、②砂（粒径の小さなもの）、③市販のサイコロ数個、④指示棒兼用の伸びるボールペン、⑤水（ペットボトルを満たす程度）を用意し、はじめに、ペットボトルに3分の1ほどの砂を入れ、水をボトルいっぱい満たし、キャップを閉める。液状化が起こるためには緩い砂水層が形成されなければならない。ペットボトルをいっきに逆さにすると砂粒子が水の中を浮遊しながら沈降、堆積する(図1)。このとき、水の抵抗を受けて砂粒子は均質かつ連続的に沈降、堆積し、緩い砂水層が形成される。この状態でリセットが完了する。ペットボトルに砂を入れすぎたり、ペットボトルを逆さにするとき、徐々に傾けていくと一様均質な緩い砂水層にはならない。

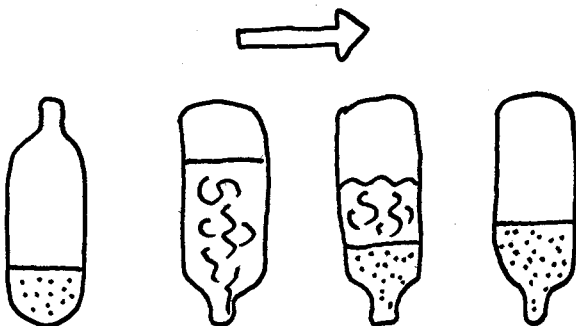


図1 液状化可能状態へのリセット

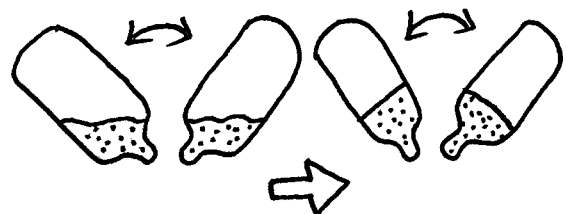


図2 揺動の継続による液状化の終了

3. 揺動の継続による液状化の終了実験

図2は液状化が可能な状態にリセットされたペットボトルを左右に傾ける揺動を継続することによって、液状化が終了することを直感的に示すための実験である。はじめ、砂水層の表面はペットボトルの傾斜につ

れて、水平面を保とうと振動するが、十数回の振動の後、突如、砂水層の表面は固化し、液状化した状態が終了する。ペットボトルを逆さにすることで、再び液状化が可能な状態にリセットされ、何度でも同じ実験を繰り返すことができる。

4. 水よりも重い物体でも液状化で浮く実験

液状化によって現れる現象の中で水よりも重い物体が液状化した地盤の浮力で浮くという現象がよく知られている。実験では、ペットボトルにサイコロを数個入れておく。この状態で、リセットのところで述べたと同様に、ペットボトルを一気に逆さにする。この状態で、砂が沈降、堆積しているのと同時にペットボトルを数回揺する。この揺動は、サイコロの砂水層内での埋没位置の調整のためである。

この状態で、揺動を与えると、サイコロが砂水層表面まで浮かび上がってくる（図3）。砂水層の上に水があることで、サイコロは水には浮かないが、液状化した砂水層には浮くことが直感的にわかる。この実験でも、そのまま、ペットボトルを逆さにしてリセットすることで、ペットボトルの中身に触れることなく何度でも同じ実験を繰り返すことができる。

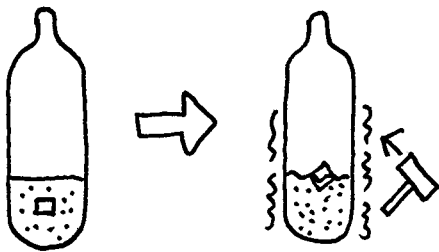


図3 液状化によるサイコロの浮上

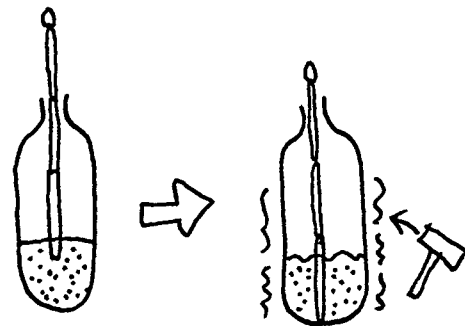


図4 液状化による模擬電柱の沈下

5. 重い物体の沈下実験

液状化によって現れる実際現象で特徴的なものの一つに電柱のような地面から突き出た重いものが、液状化に伴って、地中に沈み込むという現象がある。この現象のデモンストレーションとしては以下の通りである。液状化が可能な状態にリセットされたペットボトルのキャップを開け、電柱の模型として指示棒兼用のボールペンをペットボトルの中に入れておく。その後、ペットボトルに振動を与えることによって現象を再現する。この実験では、リセットなしでも数回実験ができるが、徐々に砂水層が液状化しにくくなるのが直感的に分かる。液状化が起こらなくなったところで、ペットボトルにふたをして、逆さにしてリセットすることで、再び実験が可能になる。

6. おわりに

教育普及用の液状化実験は、学生の教育用や科学イベント等の展示でしばしば行われているが、従来のものは、まだ誰でも、どこでも、何度でもというほどには簡便とは言い難い。本報告で紹介した方法は、その点を改良したものである。特に、液状化のリセットをただ単に、ペットボトルを逆さにすることで何度でも実験を繰り返すことができる点、および液状化が振動の継続で終了することを直感的に示せる点、さらに、容器のキャップを閉め、その中身に触れることなく、何度でもサイコロの浮上実験ができる点等に新規性を見出せる。それと同時に、実験自体に多少のゲーム性もあり、楽しく現象に入って行けるものと思われる。