

144 より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

1. はじめに

平成 10 年度砂防学会研究発表会で 500cc のペットボトルに砂 100cc とマップピン数個を入れ、水でいっぱいにした地盤液状化実験ボトル「エッキー」を紹介した。いつでも、どこでも何度でも実験ができることを目的に作ったものである。今回は、さらに小型するとともに、液状化で地中のものが地上に浮き上がる現象だけでなく、地上の重たいものが液状化で地中に沈降する現象、及び地上の構造物が液状化で倒れる現象をいつでもどこでも何度でも模擬できるポケットサイズの「ニューエッキー」を紹介する。

2. エッキーの原理

液状化によって発生する現象は、液状化する以前に存在していた力学的な安定が、固体間の摩擦による支持力の消失と、代わりに現れる過剰な間隙水圧による浮力の発生によって消失し、その結果として、新しい安定した平衡状態に移る過程で現れてくる。したがって、液状化に伴う現象を明瞭に見せるためには、液状化する前の状態が液状化によって大きく不安定化するようにセットすることが必要である。

エッキーは密閉容器をシェイクすることで、容器内に液状化可能な状態を作り出すことを特徴としたシミュレーターである(図 1)。したがってエッキーの原理で一番大切な点は、液状化で物体が浮いてきたり、沈んだり、傾いたりという液状化現象そのものよりも、容器を開けることなくそのような現象が起こるような状態にリセットすることにある。

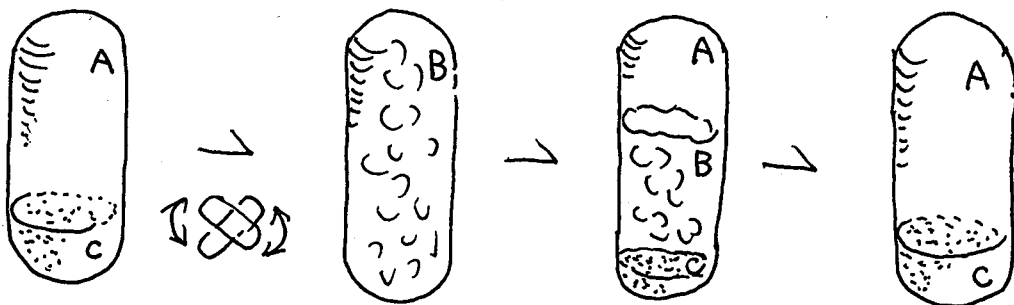


図 1 リセットは密閉容器を振って内部の粉体と液体を一様に混ぜ、それを静かに沈澱させることで完了する。

エッキーは粉体として砂を使ったのに対し、ニューエッキーは砂の代わりに粒径 0.1mm 以下のガラスビーズを用いており、容器をポケットサイズにまで小さくするにつれて、粒子のサイズも小さくすることによって相似性を維持している。また、容器内にはマップピンが浮いたり沈んだり傾いたりする物体として入っている。

3. 沈むニューエッキー

一様に攪拌した後、粉体が沈澱する過程で容器内には 3 種類の密度状態が存在する。流体の密度 ρ_1 (図 1 の A)、流体と粉体が一様に混合した状態の流体と粉体の混相密度 ρ_2 (図 1 の B)、粉体が沈澱した状態の流体と粉体の混相密度 ρ_3 (図 1 の C)。このとき、マップピンの平均密度 ρ が

$$\rho_1 < \rho < \rho_2 \quad (1)$$

であれば、ピンは最初のシェイク (図 2 ①) で B 状態と A 状態の界面に浮遊し、その界面とともに沈降し (図 2 ②)、底部ですでに沈澱している C 状態の表面にピンの先端が着地したところで静止する (図 2 ③)。ここで、容器に軽く触れると、ピンは頭部を残して C の中に沈む (図 2 ④)。

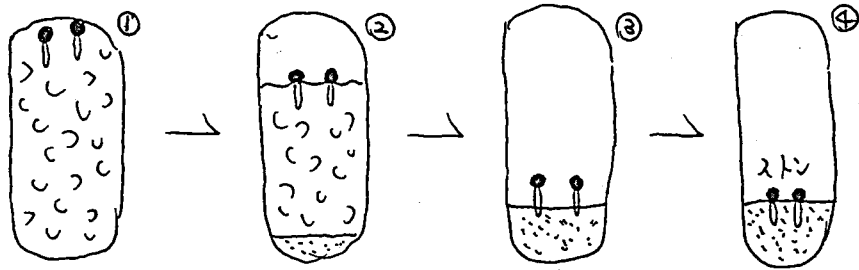


図 2. 沈むニューエッキー

4. 浮くニューエッキー

一方、マップピンの平均密度が

$$\rho_2 < \rho < \rho_3 \quad (2)$$

のときは、ピンは最初のシェイクで容器の底に沈み (図 3 ①)、粉体の沈降によって沈澱した粉体層の中に完全に埋没する (図 3 ②③)。ここで、容器に軽く触れると、ピンの頭部が C と A の界面に浮上してくる (図 3 ④)。

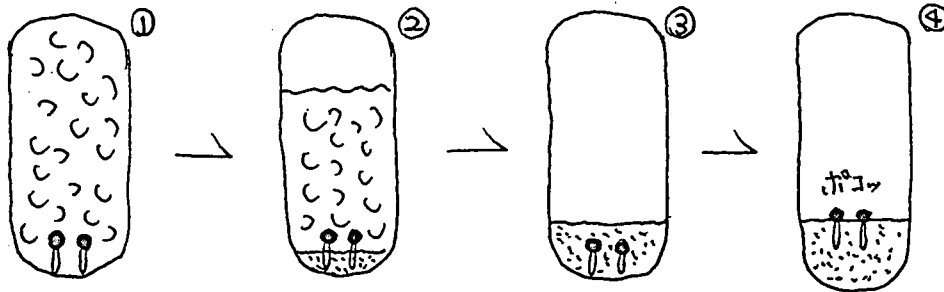


図 3 浮くニューエッキー

5. その他のニューエッキー

浮く実験か、沈む実験かは、ピンの平均密度を変えるか、容器内の粉体と流体の比率を変えることで、自由に決められる。例えば、同じ容器内では、平均密度の異なる 2 種類のマップピンを用いることで同時に二つの現象のセットが可能である (図 4)。また、ピンがはじめから底面に着いている状態のもとでは、傾く実験も可能である (図 5)

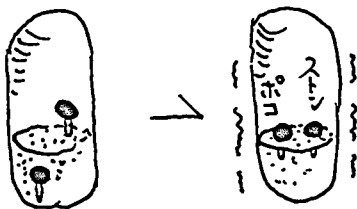


図 4 ハイブリッドニューエッキー

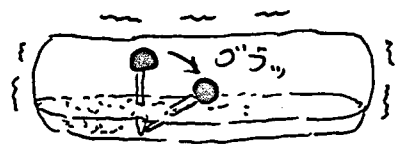


図 5 傾くニューエッキー