

### III-123 砂の最大間ゲキ比の測定法

北海道大学工学部 正員 ○北郷 繁  
水資源開発公団(元北大助手) 上田 一敏

#### 1. まえがき

相対密度の定義はどんな本にもかいてあり、それが砂質土の強度および変形特性に関連の深いこともかならず強調されているが、その具体的な測定法にいたっては標準となるものがないようである。そこで本実験の目的というのは、相対密度の構成要素の一つである最大間ゲキ比(以下  $e_{max}$  と略す)の測定法をいくつか比較して、標準化のための資料を提供しようとするにある。

ここで提案しようとする方法は反転法ともいべきものでその原理は Kolbuszewski<sup>1)</sup> に発する。図-1のようなニツかさねの内筒に乾砂を入れ、細粒土の粒度分析の際のメスシリンダーの振とうと同じように反転振とうし砂をモロに自由落下させ、静置後落下筒ととり容器からはみ出す砂をストレートエッジで除去してから、しかるべき秤量と計算を行い  $e_{max}$  を求めるのが本報告の中心となる反転法である。

まず図-1の中、 $H_A$ 、 $H_B$  の実用上最適の寸法をさがし、その上で他の方法と比較する。

#### 2. $\phi=10\text{cm}$ のときの $H_A$ と $H_B$ の関係

図-1の装置の材料は硬質塩化ビニールであつて、容器の深さ  $H_A$  と落下筒の長さ  $H_B$  の関係を知るために、容器の内径中  $10\text{cm}$  にして、相馬砂と豊浦砂の気乾のものをを使い、5回の反転によつて求めた間ゲキ比( $e$  と略す)が図-2である。相馬砂は9コの、豊浦砂は3コの平均であつて、一回の測定に使用する砂の量は容器をみたすに充分な量とした。

この図からいえることは、 $\phi=10\text{cm}$  とした場合、1) 容器が深いほど  $e$  は大きい、2) 落下筒が  $30\text{cm}$  ぐらいのときに  $e$  のピークがあらわれる、ということであるが、 $H_B=30\text{cm}$  としたときの、 $H_A$  の大小による  $e$  の変化はさほどでない。つまり容器の深さを  $10\text{cm}$  にしても  $20\text{cm}$  にしても得られる  $e$  には大差がないということである。

#### 3. 容器の直径 $\phi$ の影響

前項と同じ測定を、 $\phi$  を  $5, 10, 14.8\text{cm}$  の3種にかえて  $\phi$  の影響をみたのが図-3である。たゞし試料は、 $\phi=5\text{cm}$  という小さいものがあるため、相馬砂を処理して最大径( $d_{max}$ )を小さくしたものを使った。この結果からわかることは1)  $\phi=5\text{cm}$  のとき  $e$  の最大値を与

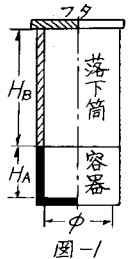


図-1

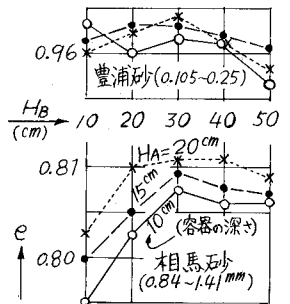


図-2  $H_A$  と  $H_B$  の関係 ( $\phi=10\text{cm}$ )

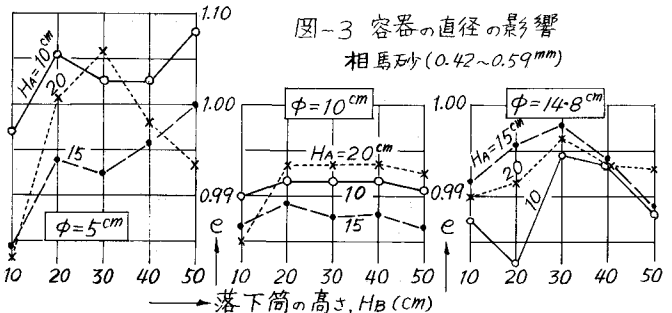


図-3 容器の直径の影響  
相馬砂 (0.42~0.59 mm)

るが個々の測定値(3つ、図示せず。図の丸は平均値)のバラツキが3者のうちで最大であり、測定法として不安定であること、2)  $\phi=14.8\text{cm}$  は、 $e_{max}$ 、バラツキとも3者の中間にあるが、 $e_{max}$  が  $\phi=5\text{cm}$  のそれと

くらべて大差のないこと、3)  $\phi=10^{\text{cm}}$  はこの3者の最低であるが、測定値のバラツキが最も少い。

以上2つの実験の結果から、測定値のバラツキが少く、操作の容易な(中、 $H_A$ ,  $H_B$ のどちらが大きくなっても、重く、長くなって人力による反転振とうが困難になる)  $\phi=10^{\text{cm}}$ ,  $H_A=10^{\text{cm}}$ ,  $H_B=30^{\text{cm}}$ を一応標準の方法と定め、これを検討する方向で論を進めることにする。

#### 4. 粒径と容器寸法の対応性

$H_B=30^{\text{cm}}$ として $H_A$ ,  $\phi$ を変化させた場合、測定の対象となる砂の最大粒径 $d_{\text{max}}$ がどの程度になったら、測定値がバラついて、測定法として不適になるかを見た。試料は同一の材料と $2.00\sim 3.36^{\text{mm}}$ と $3.36\sim 4.76^{\text{mm}}$ の2つに分け、 $H_A=10, 15, 20^{\text{cm}}$ ,  $\phi=3.1, 5.0, 10.0, 14.8^{\text{cm}}$ として反転法を行い、測定値の分散の程度から $d_{\text{max}}$ の影響の有無を判断

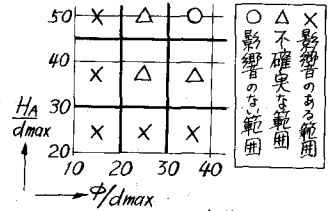


図-4 粒径と容器寸法

し、それを $H_A/d_{\text{max}}$ ,  $\phi/d_{\text{max}}$ であらわしたのが図-4である。これからすると、 $\phi=10^{\text{cm}}$ ,  $H_A=10^{\text{cm}}$ ,  $H_B=30^{\text{cm}}$ の容器寸法では $d_{\text{max}}$ は $2^{\text{mm}}$ をこすると測定値が不安定になる、ということになる。

#### 5. 各種方法の比較

試料は相馬砂( $0.84\sim 1.41^{\text{mm}}$ )で結果は図-5のようである。反転法は4.2のべた標準寸法によるものである。最も成績のよくないビーカー法というのは乾砂をビーカーとか蒸発皿に入れて落下高をできるだけ小さくして一様な厚さになるよう金屋モールドに入れる方法でASTM<sup>2)</sup>, USBR<sup>3)</sup>の方法も原理的にはこれと同じで筆者の一人もこの実験を行った。<sup>4)</sup> 水中ビーカー法はこれを静水中で行ったものである。空中落下法は、谷本、岩崎<sup>5)</sup>に似た方法であるが、乾砂をフル貝を通過後ある高さ自由落下させ、下においた容器に堆積させる方法である。パイプ法というのは、 $\phi=10^{\text{cm}}$ ,  $H_A=10^{\text{cm}}$ のモールドに内径 $5^{\text{cm}}$ の塩ビのパイプを立て、これに乾砂を入れて、パイプを引きあげ、モールドに砂をみたくする方法である。ラセンとは、パイプにラセン運動を与えるものであり、垂直、急速とか垂直、緩速とかは字の示すようにしてパイプを引きあげることである。

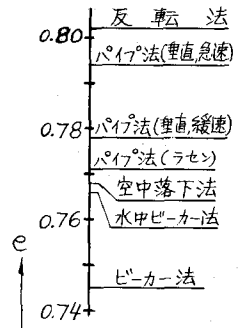


図-5 各法の比較

以上の比較によって反転法が簡単な方法でありながら、よい結果を与えることがわかる。

#### 6. まとめ

ここに提案する反転法は $C_{\text{max}}$ を求める方法として1)5に示すように既往の方法に比較してよい結果を与えること、2)労力が少ないこと、3)短時間で何回もできること、4)器具が簡単なこと、5)個人差が少ないことなどがすぐれていると考えられる。しかし、一応標準として示した器具の寸法 $\phi=10^{\text{cm}}$ ,  $H_A=10^{\text{cm}}$ ,  $H_B=30^{\text{cm}}$ は、砂の粒径についてある程度の制限がある。なお、図-5にみるように、パイプ法のような、さらに簡単な方法が反転法に比べて遜色のない結果を与えていることを考えると、もっと簡単でよい方法があるのかも知れない。

文献 1). Kolbuszewski: Proc. Int. Conf. SMFE, 1948, Vol. 7, p. 47

2). ASTM: ASTM Standards, Part 11, March 1969, p. 613

3). U.S. Dept. Int. Bureau of Recl.; Earth Manual, June 1951, p. 175

4). 北郷, 木崎: 土と基礎, Vol. 7, No. 5, p. 4, Oct. 1959

5). 谷本, 岩崎: 第10回土質工学シンポジウム, 1965, p. 11