

メスシリンダー反転法による均一礫の最大間隙率

名城大学理工学部 学生員○大嶽信二郎

正会員 板橋一雄

学生員 岩間美樹

学生員 中村有美子

1. はじめに 幾つかの地震によって礫地盤の液状化現象が確認されてから、礫の相対密度を求める試験方法の確立が望まれている。地盤工学会では、「砂礫の最小・最大密度試験方法検討委員会」が設立され、直径 20cm の大きなモールドを用いた種々の検討がなされている¹⁾。一方、筆者らは、簡便法であるメスシリンダー反転法に着目し砂に対して学会基準と比較してその有用性を示してきた²⁾。そこで、今回は均一な礫質材料に対してメスシリンダー反転法を適用したのでここに報告する。

2. 試料と試験方法 試験に用いた試料は、安倍川礫(安倍川河口の静岡海岸から 30km 地点)、静岡海岸礫、木曽川礫(河口から 45km 地点)、熊野灘礫の 4 種類である。粒径は、JIS ふるい一つ分の①2.00~2.35mm ②2.80~3.35mm③4.00~4.75mm の 3 種類とした。図 1 は、メスシリンダー反転法の試験方法の模式図である。実験手順は以下の様にした。上記の試料を炉乾燥し常温に冷ました試料とメスシリンダーを用意する。重量を測定した試料をメスシリンダーに投入し(A)十分に攪拌し、蓋をした状態でメスシリンダーをほぼ水平にする(B, C)。次いで、試料がゆっくりと移動・堆積するよう、机上でメスシリンダーに振動を与えないようにしてゆっくりと立ててゆく(D)。メスシリンダーを立てた後、試料の表面形状が直線状であることを確認し、斜面上下のメスシリンダーの目盛を読む(E)。この操作を一回の試料の投入に対して 10 回繰り返した。なお、充填容器の大きさの影響を見るために、3 種類のメスシリンダー(ガラス製、スーパーグレード)を用いた。それらの容量と許容誤差は①300±1.5ml, ②500±2.0ml, ③1000±3.0ml である。また、増加重量は 300ml と 500ml のメスシリンダーで 10g, 1000ml で 20g とした。筆者らによるメスシリンダー反転法と簡便法として提案された方法の異なるところは、少量の増加重量ごとの間隙率を測定することで間隙率の挙動を詳細に把握できることである。提案法では 1000ml のメスシリンダーに 1000g の試料を投入し 1 つの間隙率のみを測定することになっているので、今回、筆者らの試験結果との比較を行うため、300ml, 500ml の容器では試料をそれぞれ 300g, 500g としている。

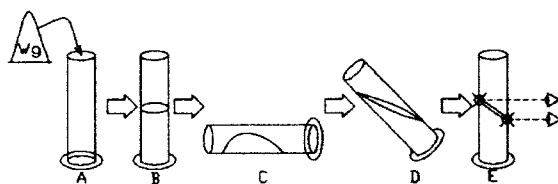
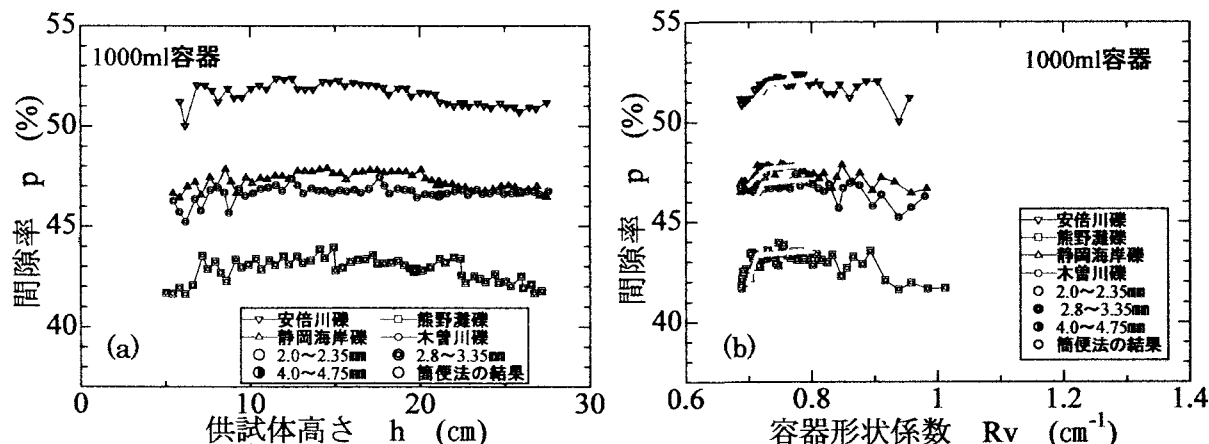


図 1 メスシリンダー反転法の模式図

3. 試験結果と考察 図 2(a)は、充填容器 1000ml に対する 4 種類の砂について、間隙率と供試体高さの関係で示したものであり、簡便法による結果も同時に載せてある。ここでは、粒径 2.80~3.35mm のみを考察する。どの試料でも間隙率に多少の増減が見受けられるが、初期の部分を除いて間隙率は緩やかに減少してゆく。試料別に見てみると、間隙率は安倍川礫がもっとも高く、次いで静岡海岸礫と木曽川礫がほぼ同様な値を取り、熊野灘礫が最も低くなっている。特に、安倍川礫と熊野灘礫の間隙率の差は、約 10%生じてい

図 1 間隙率と供試体高さ h および容器形状係数 R_v の関係 (1000ml の場合)

るが、その要因の一つとして、粒子形状の相異が挙げられている³⁾。次に図2(b)は、図2(a)の試験結果を容器形状係数 R_v で再整理したものである。容器形状係数 R_v とは、 $R_v=A/V=2/h+4/D$ で表した容器の大きさを評価するものとして筆者らが提案している指標である。図より、間隙率は初期において若干の増加を示し、その後にはほぼ水平で推移し、そして急激に減少していくことがわかる。これは、この整理法による特有の現象で、この急激な間隙率の減少は、供試体の自重の影響によるものと考えられる²⁾。また、試験初期の間隙率増加の原因は、試料が少量の場合、マシリンダー内で試料が移動する際に上手く攪拌されず、密な構造のまま堆積してしまうことが考えられる。したがって、本試験ではこの増加が収まることから試験適用範囲とみなした。このような結果を同図の視覚的に描いた二本の直線で表現できると仮定し、その折れ点での間隙率をその試料と容器における最大間隙率という意味で、限界間隙率 P_u と呼ぶことにする。

このようにして求めたすべての容器、試料、粒径における P_u と R_v の関係を示したものが図3である。図中より、上でも考察した試料ごとの P_u の大小は、すべての容器に対して同様な結果を表している。このことから粒子形状が無視できない要因であることが明らかである。また、どの粒径においても同一試料の P_u

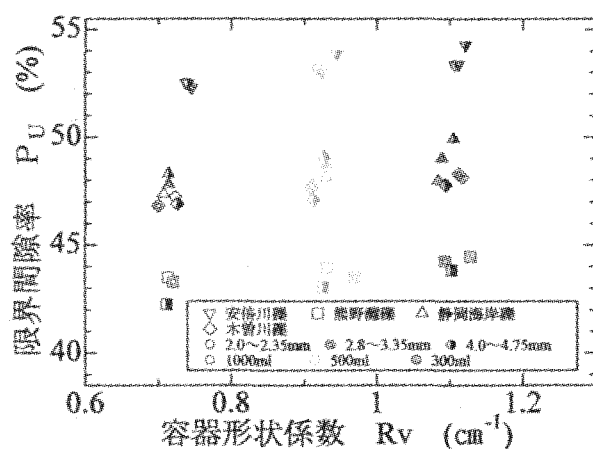


図3 全間隙率と全容器形状係数 R_v の関係

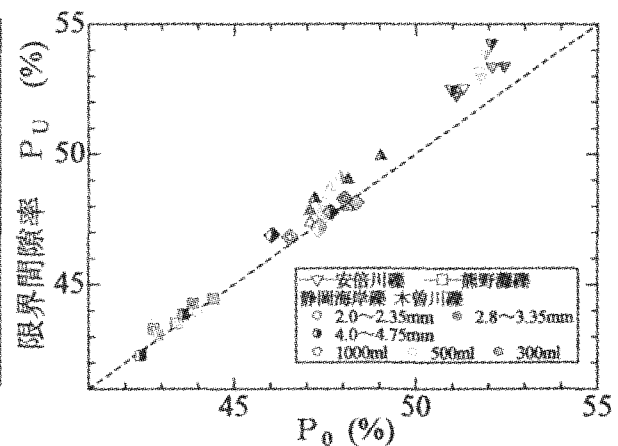


図4 限界間隙率 P_u と簡便法による間隙率 P_0 の比較

のばらつきは1~0.5%程度であり、大きな容器になるほど減少していく傾向がわかる。この原因としては容器壁に試料があたり、そこにアーチング作用が発生し、小さい容器ほどその影響の大きいことが考えられる。一方、容器ごとの R_v の値を見ると、1000ml, 500ml, 300ml 順で $R_v \approx 0.7, 0.9, 1.1$ となり、異なる試料ならびに粒径でも R_v の値はほぼ変わらないことがわかる。

次に、図4には、 P_u と図3に示してある簡便法による最大間隙率 P_0 の比較を示している。それによると、熊野灘礫の P_u と P_0 にはあまり差がなく、ほぼ同じ値となっている。比較的、 P_u に同様な傾向が見られた木曾川礫と静岡海岸礫において、前者は P_0 の方が若干高い値を取っているものもあり、両試料での間隙率に差異は少ないが、後者は P_u の方が高い値となっている。一方、安倍川礫では、すべて P_u の方が高く、全体的な傾向の比較を行うと P_u が P_0 よりも高いという結果となった。つまり、簡便法として記されている「1000ccのマシリンダーで1000gの試料」では、試料が多すぎて充填が密になってしまうことを示している。

4. まとめ 今回の報告では、異なる容器、試料種類ならびに粒径を対象に、マシリンダー反転法による最大間隙率の特性を明らかにした。その結果、間隙率の大小は、試験容器、粒径よりも試料の種類による影響の大きいことが示唆された。また、簡便法と比較することで筆者らによるマシリンダー反転法の有意性が再認識された。今後、筆者らの研究グループはそれぞれの試料特有の粒子形状が間隙率に対してどれだけ大きく影響しているか、という調査を行っていく予定である。

参考文献 1)例えば、國生剛治・伏木田達朗・村端敬太：砂礫の最小最大密度に与える種々の影響因子の検討，第38回地盤工学発表会，pp.576-568，2003。 2)石井亮介他：マシリンダー反転法による細粒砂の最大間隙率，平成16年度研究発表会，pp.217-218，土木学会中部支部，2004。 3)板橋一雄他：マシリンダー反転法による礫の最大間隙率，第16回中部地盤工学シンポジウム論文集，pp.75-80，2004。