

メスシリンダー反転法による砂礫の最小密度

名城大学理工学部 学生員○長谷川裕久 正会員 板橋一雄
学生員 岩間美樹 学生員 岩田洋明 学生員 水野裕介

1. はじめに 礫地盤の液状化が確認されて以来、礫質材料の相対密度を推定するための最大・最小密度試験法の確立が望まれ、種々の調査・研究が進められている¹⁾。礫質材料に対して、現行の「砂の最小密度・最大密度試験方法」²⁾を適用しようとする、壁効果の影響が大きくなることと余盛り部分の削り操作で問題の生じることが想定されるため、著者らはメスシリンダー反転法に着目した。そこで、今回は3種類の砂礫材料を粒径別にメスシリンダー反転法を行ったのでここに報告する。

2. 試料と試験方法 今回の試験に用いた試料は、熊野灘砂礫、安倍川砂礫、藤岡まさ土の3種類とJISふるい一つ分である粒径 1.0~1.18mm, 1.4~1.7mm, 2.0~2.36mm, 2.8~3.35mm, 4.0~4.75mm, 5.6~6.7mm, 6.7~8.0mm, 9.5~11.2mm, 13.2~16.0mm の9種類である。熊野灘砂礫は三重県熊野市の海岸、安倍川砂礫は静岡海岸河口から上流 30km 地点、藤岡まさ土は愛知県藤岡町地内のまさ土斜面より採取した。用いたメスシリンダーは、内径 $D=6.51\text{cm}$ 、容量 1000ml、1 目盛 10ml (ガラス製、スーパーグレード級) で許容誤差は $\pm 3.0\text{ml}$ である。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。実験手順としては、上記の試料を炉乾燥し常温に冷ました乾燥試料とメスシリンダーを用意する。一定重量を測定した試料(20g)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りを読む(E)。この操作を一回の試料の投入に対して10回繰り返し、容器が満杯になるまで行った。

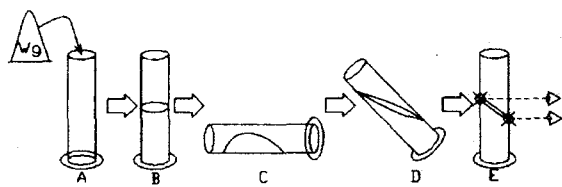


図-1 メスシリンダー反転法の模式図

3. 試験結果と考察 図-2では熊野灘砂礫の試験結果を間隙率と供試体高さの関係で示したものであり、粒径は 1.0~1.18mm, 2.0~2.36mm, 4.0~4.75mm, 5.6~6.7mm, 13.2~16.0mm の5種類を示してある。どの粒径の間隙率においても多少の増加が見られ、そして緩やかに減少して行くという傾向が見られた。粒径別に見ると 13.2~16.0mm の間隙率が一番高い値を取り、4.0~4.75mm が最も低くなっていた。次に図-3は、図-2の試験結果を容器形状係数 R_v で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。この図より、初期では粒径によりばらつきはあるが若干の増加が見られ、 R_v がある値を過ぎるとどの粒径も減少しているよ

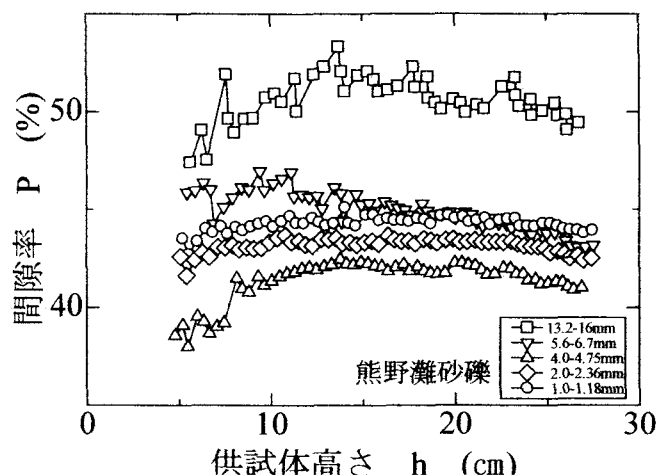


図-2 間隙率と供試体高さ h の関係

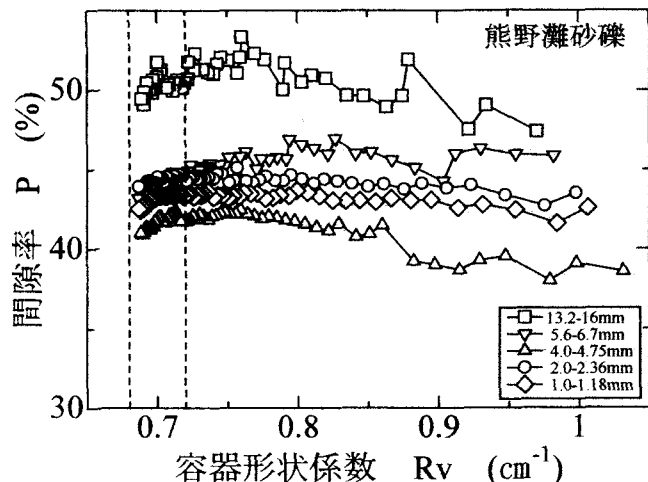
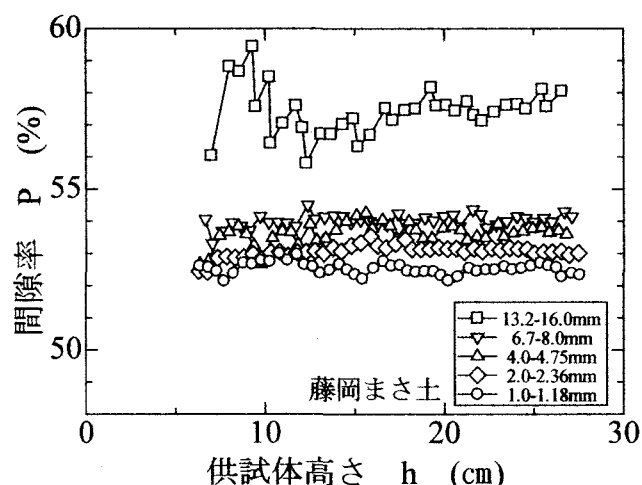
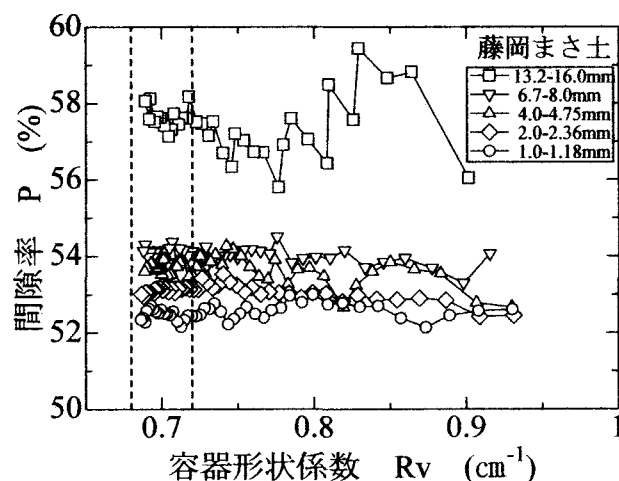
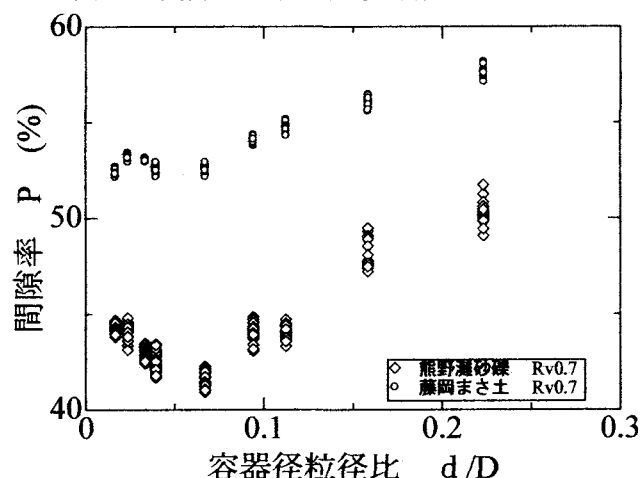


図-3 間隙率と容器形状係数の関係

図 - 4 間隙率と供試体高さ h の関係

うに見られる。この挙動は R_v による整理法による特有な現象で、最後に起こる減少は供試体の自重の影響によるものだと考えられる。両方の図に見られる、試験初期に起っている間隙率の大きな増加は、試料が少量の場合うまく攪拌されず、密な構造のまま堆積してしまうということが原因と考えられる。このことより、本試験では増加が収まることから試験適用範囲とみなした。試料が違う時の変化を見るために、藤岡まさ土の試験結果を整理したものが図 - 4 である。熊野灘砂礫で見られた初期時の増加と h が高くなると徐々に減少するという傾向はあまり見られず、13.2～16.0mm 以外では、ほぼ平行に推移していた。粒径別に評

図 - 5 間隙率と容器形状係数 R_v の関係図 - 6 間隙率と容器径粒径比 d/D の関係

価を行うと粒径が増加するにつれ間隙率も増加しているという結果が得られた。図 - 4 を R_v で整理したものが図 - 5 である。図 - 2 よりも全体的に間隙率は大きな値を取っており、藤岡まさ土の方が緩く詰まるという結果が得られた。次に熊野灘砂礫と藤岡まさ土の間隙率の推移をわかりやすくまとめたものが図 - 6 である。これは図 - 3, 5 で示してある点線の間 ($R_v=0.68\sim0.72$) にある数値をプロットし、間隙率と容器径粒径比 d/D の関係を示したものである。この図中より d/D が 0.067 以上では両試料とも間隙率は減少している。しかし、 d/D がこの値よりも小さくなると熊野灘砂礫の間隙率は急激に増加しており、一方藤岡まさ土での増加は見られないが同じような値に集まっていた。この現象は筆者らが行ってきた最密充填試験の場合にも同じ現象が起こっていた³⁾。このような結果になる要因の一つとして、筆者らの研究成果より小粒子部分では大粒径に比べ同一形状ではないという粒子形状の相違が影響していると思われる⁴⁾。

4. まとめ 今回の報告では、異なる試料種類、粒径を対象に、マシリンガー反転法による最小密度試験を行った。間隙率と供試体高さの関係はばらつきがあるが、同じように供試体高さの増加に伴う間隙率の減少傾向が認められた。間隙率と容器形状係数の関係は、初期は粒径によりばらつきはあるが若干の増加が見られ、 R_v がある値を過ぎるとどの粒径も減少する結果が得られた。そして d/D が 0.067 を下回ると間隙率が増加するという結果が得られた。そのことから粒子の最小密度は試料種類、粒径に影響されることが示唆された。

参考文献 1) 原忠・吉田次男・田中昌廣・國生剛治：試験法の違いが砂礫の最小・最大密度に与える影響、第 38 回地盤工学研究発表会, pp. 565-566, 2003. 2) 土質試験の方法と解説～第 1 回改訂版～, 地盤工学会, pp. 136-145. 3) 板橋一雄他：小モールドを用いた均一砂・礫の最密充填特性, 平成 17 年度研究発表会土木学会中部支部 pp. 281-282, 2005. 4) 岩間美樹他：直行 3 方向から見た砂礫の粒子形状の評価, 平成 18 年度研究発表会土木学会中部支部 (投稿中)。