

名城大学理工学部 学生員○川口修治 正会員 板橋一雄
学生員 大嶽信二郎 学生員 岩間美樹

1. はじめに 液状化とは砂地盤特有の現象とされてきた。しかし、阪神・淡路大震災以降、礫地盤での液状化現象の発生も確認されている。そこで、本研究では礫材料を対象とした最密充填実験を実施し、間隙率の変化傾向を明確にした。さらに、過去の研究成果より最密充填特性に影響を及ぼす要因として、粒子形状が挙げられている¹⁾。そこで、粒子形状と間隙率の関係についても、ここに報告する。

2. 容器形状係数と極限間隙率の提案 著者らは容器の小ささを表わす単一の指標として容器形状係数を提案している¹⁾。容器形状係数の式は円柱容器の場合、 $R_v = A/V = (2/h) + (4/D)$ で表され、小さい容器ほど大きな値となる。また、実際の充填実験では、容器内径 D は一定であり、供試体高さ h が増加する形となり、 $h \rightarrow \infty$ とすることで容器形状係数 R_v には極限值が存在する。そして、容器形状係数の極限值に対応する間隙率を極限間隙率 p_∞ と呼ぶことにする。

3. 充填容器・試料と試験方法 実験には容器内径 $D=20\text{cm}$ 、容器深さ $h=20\text{cm}$ の円柱容器を用いた。充填試料は、①静岡海岸礫②木曾川礫(河口から 45km 地点の川原から採取)③熊野灘礫の3種類である。各試料をふるい分け、試料の粒径は、JISふるい一つ分で、最大粒径 $d=3.15\sim 3.75\text{cm}$ 、最小粒径 $d=0.56\sim 0.67\text{cm}$ の間の計9種類の粒径とした。

試験方法は、上述したモールド容器に一層目が完全にしき詰まるように試料を入れ、上載型バイブレータを用い振動を15秒間与え密にした後、落とし蓋を乗せ試料までの深さを測定する。その後、増加重量を一定に決め、増加回数はモールド容器が完全に充填されるまでに約200回繰り返す。一回の増加重量投入ごとに、振動を15秒間与え、その後落とし蓋までの深さを測定することとする。このような実験方法を用いた理由は、僅かな供試体高さの変化に伴う間隙率の変化傾向を明確にするためである。

4. 試験結果と考察 図-1は、間隙率 p と供試体高さ h の関係を示してある。紙面の都合上、試料は静岡海岸礫の5つの粒径のみが示してある。どの粒径についても供試体高さが増加するにつれて、間隙率は不規則な増減を繰り返しながら減少する。また、粒径が小さくなるにつれ、間隙率の値が小さくなる傾向もうかがうことができる。ただし、粒径が小さくなるにつれ、間隙率が明確に減少傾向にあるとは言い難い。その要因として、第一に粒子形状の影響があると思われるが、そのことについては後述する。第二の要因として、小さな粒径は、バイブレータによる振動が大きすぎ、菱面体構造を乱す結果となったとも考えられる。図-2は図-1のデータを横軸に容器形状係数 R_v で整理したものである。また、図中の破線は、粒径毎の一次の回帰直線を示している。どの粒径についても R_v の値が小さくなるに伴い、間隙率は減少傾向にある。また、

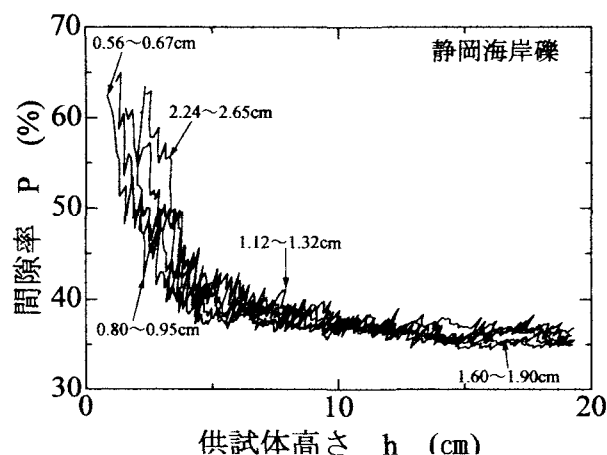


図-1 間隙率 p と供試体高さ h の関係

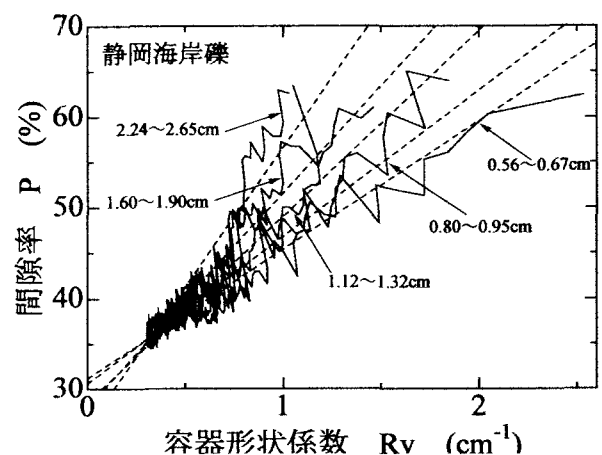


図-2 間隙率 p と容器形状係数 R_v の関係

この図の特徴は、上記で示したように R_v には極限值が存在し、それに対応する極限間隙率へと間隙率が減少するということである。

図-3 は極限間隙率 p_∞ と粒径 d の関係であり、データは3試料、各9粒径(熊野灘礫:粒径によっては2回)である。熊野灘礫は粒径が小さくなるに伴い、極限間隙率は減少傾向にある。静岡海岸礫、木曽川礫については、粒径 3.15~3.75cm から粒径 1.60~1.90cmの間では大まかな傾向があるようにも思われるが、粒径がそれ以下になると極限間隙率は非常にばらつく傾向にある。静岡海岸礫の粒径 3.15~3.75cm から粒径 1.60~1.90cmの間では、粒径が小さくなると得られる極限間隙率も小さくなる。それに対して木曽川礫の粒径 3.15~3.75cm から粒径 1.60~1.90cmの間では、極限間隙率はほぼ一定である。

極限間隙率に影響を与える要因として粒子形状が挙げられるため、粒子形状と粒径の関係を以下に示す。図-4 は、形状を表現する一つの指標であるフラクタル次元 FD と粒径 d の関係を示してある。なお、フラクタル次元の値は各試料、粒径ごとに20粒子の測定を行ったがここには平均値が載せてある。この FD の値の特徴は、粒子の表面凹凸が激しいほど大きい値を取ることである。

熊野灘礫では、粒径に関わらず FD の値はほぼ一定であることから、極限間隙率の粒径による相違は、壁効果によるもの、すなわち、粒子が大きいほど粒

子と容器壁の間に埋められない間隙が増加することが要因であると考えられる。さらに、木曽川礫の粒径 3.15~3.75cm から粒径 2.24~2.65cm では、FD の値はほぼ一定であるため、この範囲の粒径の極限間隙率の相違は、熊野灘礫と同様、粒径が大きくなるほどに壁効果の影響が大きくなることが要因として考えられる。

一方、静岡海岸礫、木曽川礫ともに、さらに粒子径が小さくなると、FD には大きな変動が認められ(図示はしないが、同一データのばらつきも大きい)、間隙率に対する壁効果の影響と粒子形状の影響が複雑に重なり、複雑な現象が生じていることが考えられる。あるいは、この要因について現段階で明確なことは言えないが、小さい粒径に対しては実験上の振動が強すぎる 것이予想される。

5. まとめ 本研究で得られた結論ならびに予想は、以下のようである。①容器形状係数で整理することで間隙率は極限間隙率に収束する傾向があり、容器形状係数による整理方法の有用性が明確になった。②熊野灘礫では、粒径に関わらず FD はほぼ一定値を示しており、粒径による極限間隙率の相違は壁効果の影響が大きいものと考えられる。③静岡海岸礫、木曽川礫の極限間隙率に対しては、粒子径の相違に対する壁効果と粒子形状の影響が複雑に絡んで現れていることが予想できる。④小さい粒径には実験上の振動が強すぎる 것이予想できる。

参考文献 1)板橋一雄・松尾稔・内藤充則・神谷圭吾：均一な粗粒土質材料の粒子形状評価と充填特性、地盤工学会論文報告集、43(1), pp.117-129, 2003.

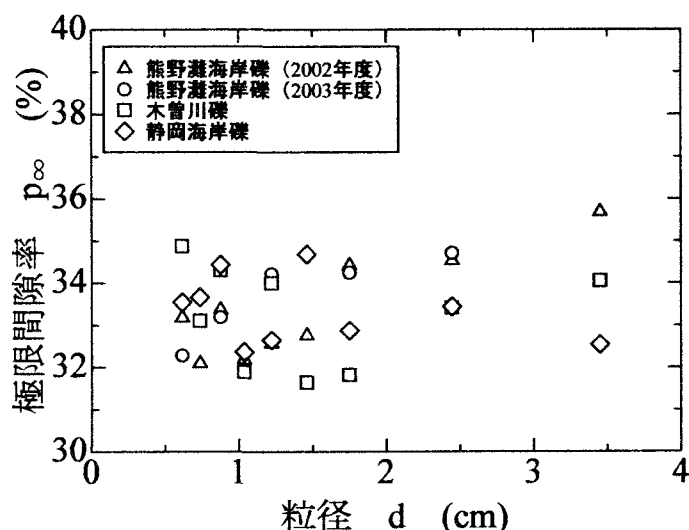


図-3 極限間隙率 R_∞ と粒径 d の関係

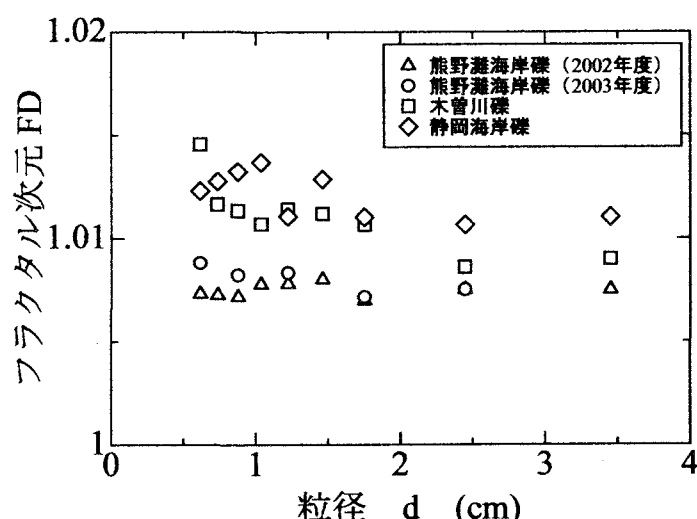


図-4 フラクタル次元 FD と粒径 d の関係