

均一な砂礫の最小間隙率への影響因子に対する一考察

名城大学理工学部 学生員○岩間美樹 会員 板橋一雄
学生員 大嶽信二郎 学生員 岩田洋明

1. はじめに 筆者らのこれまでの研究成果から、均一な砂礫の最密充填特性は、充填容器の大きさや粒状体の粒度・粒子形状、試験の振動数といった種々の要因によって影響されることが推察されている¹⁾。今回はその影響因子として振動数と粒子形状に着目し、均一な砂礫の最密充填試験を行い、詳細な検討を行ったのでここに報告する。

2. 容器形状係数と極限間隙率の提案 筆者らは、容器の大きさを評価できる単一の指標として容器形状係数 R_v を提案している²⁾。容器形状係数は円柱容器の場合、 $R_v=A/V=(2/h)+(4/D)$ で表される（ここに A ：供試体表面積、 V ：供試体体積、 h ：供試体高さ、 D ：容器内径）。つまり、大きな容器ほど供試体の形状も大きくなり、 R_v の値は小さくなる。また実際の充填試験では、容器内径 D は一定のまま供試体高さ 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 $R_{v\infty}=4/D$ が存在する。そして、その極限值 $R_{v\infty}$ に対応する間隙率を極限間隙率 p_∞ と定義している。

3. 試験方法 試験で用いた試料は、安倍川砂礫、静岡海岸砂礫、熊野灘砂礫、木曽川砂礫、藤岡まさ土の5種類で、粒径は JIS ふるい一つ分である 1.0～1.18, 1.4～1.7, 2.0～2.36, 2.8～3.35, 4.0～4.75, 5.6～6.7, 8.0～9.5, 11.2～13.2mm の8種類とした。また、試験容器はステンレス製の円柱モールド($D=6$ cm, $H=8$ cm)を用いた。試験手順として、はじめに容器の一層目が完全に充填し、その後、落し蓋をして蓋を含めた供試体高さをノギス(最小読み 0.01mm)で測定し、その重量を測る。なお、供試体高さは、計測した3箇所での平均値とした。次に一定量の試料を投入した容器を土壌振とう器によって1分間120回振動するように設定し150秒間、衝撃を与え、その供試体高さを測定した。この一連の作業を試料が容器に満杯になるよう約400回繰り返した。このような工程を行った最大の理由は、供試体の僅かな増加に対して間隙率がどのように挙動するのかを明確にするためである。また、振動数による間隙率の相違を検討するため、5種類の試料の1.0～1.18, 11.2～13.2mmの粒径について1分間100回の振動で同様の試験を行った。

4. 試験結果 図1(a)は、試験結果を間隙率と供試体高さで図示したグラフであるが、ここでは安倍川砂礫の粒径1.0～1.18mmのみを考察する。図より全ての供試体高さ h において、振動数 $f=120$ (回/分)の方が $f=100$ に比べ間隙率 p は低くなることが示された。また図1(b)は同じ試験結果に対し、間隙率を容器形状係数 R_v で再整理し回帰直線を描いたものであるが、図より間隙率は直線的に収束することが考察される。そして、回帰直線と今回の容器形状係数の極値 $R_{v\infty}$ ($=0.667$) が交差する極限間隙率 p_∞ を容器径粒径比 d/D (d ：粒径) との関係を表したものが図2である。 $f=120$ における8種類の粒径ごとの極限間隙率に着目すると、どの試料においても d/D が小さくなるにつれて、 p_∞ はほぼ平行な減少傾向を示すが、ある一定値を下回ると増加する傾向が認められた。図2より、2つの粒径について $f=120$ と $f=100$ の場合の p_∞ を比較すると、大きな粒径では振動数の違いが p_∞ に影響を与えないが、小さな粒径では $f=100$ の方が $f=120$ に比べて p_∞ は大きい値を示すことが認められた。また図3は同じ試験結果に対し、2種類の振動数における間隙率の相関関係を表したものであるが、この図からも振動数が小さい場合の方が大きい場合よりも間隙率は大きくなることが示唆される。

次に振動数以外の要因として、粒子形状が最密充填特性に影響を与えるかを検討する。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 と容器径粒径比 d/D の関係を示している。なお、 FD 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を載せる。この FD の値は、粒子の表面凹凸が

キーワード：最小間隙率、影響因子、容器径粒径比

連絡先住所：愛知県名古屋市中区天白区塩釜口 1-501 電話番号：052-(838)-2346 FAX：052-(832)-1178

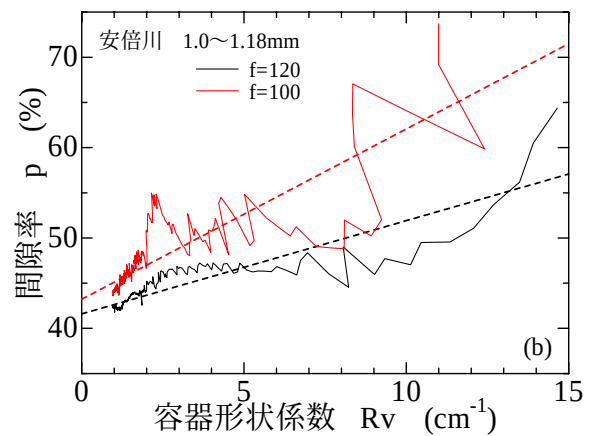
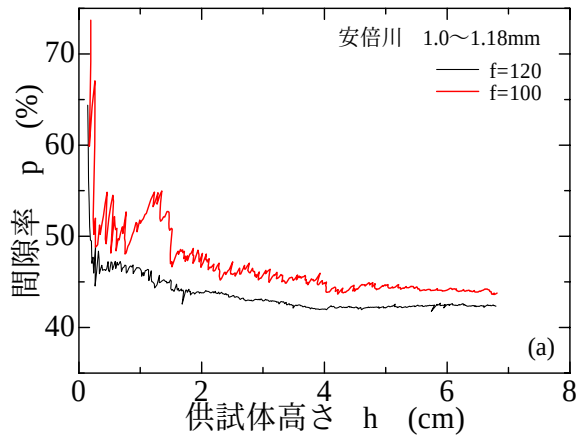


図1 間隙率と供試体高さおよび容器形状係数との関係

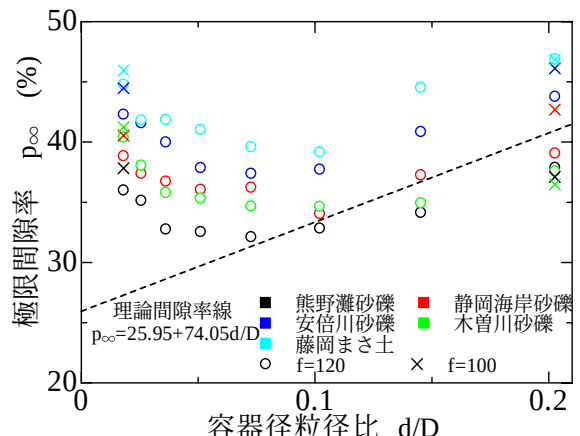


図2 極限間隙率と容器径粒径比の関係

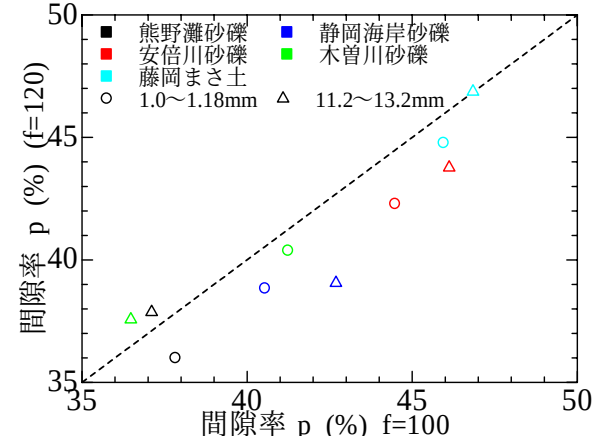


図3 振動数の相違による隙率の比較

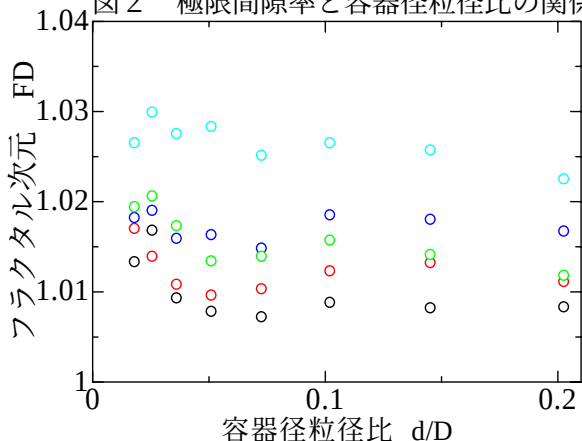


図4 フラクタル次元と容器径粒径比の関係

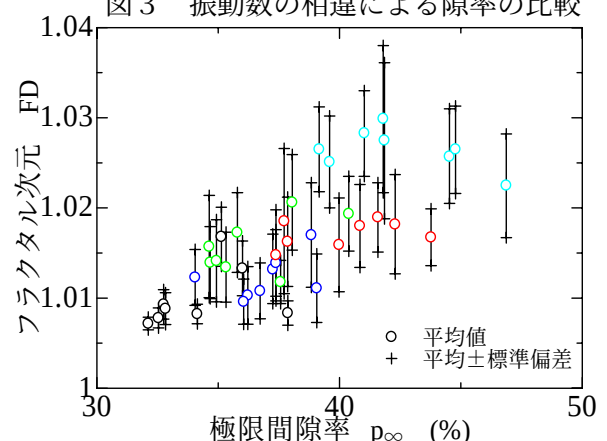


図5 フラクタル次元と極限間隙率の関係

激しいほど大きい値を示す。図より FD はほぼ一定であるが、熊野灘砂礫、静岡海岸砂礫、木曽川砂礫、安倍川砂礫、藤岡まさ土の順に粒子の表面形状が粗いことが分かる。そして d/D が約 0.07 以上では、FD はほぼ一定で推移するがそれより小さくなると、FD は増加する傾向にあることが認められる。つまり、同一試料においても粒径によって粒子形状が異なることが考えられ、小さい粒径の試料ほど角張っていることが推察された。これらの結果より、図 5 に p_{∞} と FD の関係を示し、FD は平均値と土標準偏差として表した。これより FD と p_{∞} の間には相関性が認められ粒子が丸みを帯びるほど p_{∞} は高くなり、充填が密になることが示された。よって最密充填特性として粒子の詰まり方は、粒子形状の影響を受けることが再確認された。

5. まとめ 今回の報告では、以下のような結論が得られた。均一な砂礫の最密充填特性は、①試験の振動数による影響と、②粒状体の粒子形状の影響を受け、それらは最小間隙率への影響因子となることが明らかになった。その他の影響因子として粒度分布、粒子の扁平さなどが挙げられる。

参考文献 1)板橋一雄他：粗粒材料の最大・最小間隙率に対する影響因子,第 14 回中部地盤工学シンポジウム論文集(地盤環境の工学的問題),pp.45-50.2002. 2)板橋一雄他：均一な粗粒材料の粒子形状評価と充填特性,地盤工学会論文集,43(1),pp.117-129, 2003.