

2種混合アクリル円板の最小間隙率に対する壁効果の影響

名城大学大学院 学生員 ○水野 裕介
 名城大学理工学部 正会員 板橋 一雄
 名城大学理工学部 正会員 小高 猛司
 名城大学大学院 学生員 長谷川裕久

1. はじめに

著者らは、礫質材料の相対密度を求めることを最終目的として、礫質材料の最密・最疎状態ならびに粒子形状に関する基礎的研究を実施し、充填特性に対する壁効果や粒子形状の影響を明らかにしてきた^{1, 2)}。2種混合材料の充填実験については、Farouki らの論文に、図-1が示され、粒径比(d_{min}/d_{max})と細粒分含有率 FC が影響することが示されている³⁾。しかし、ここでは壁効果が考慮されていないので、壁効果を考慮した間隙率を求め、粒径比と細粒分含有率の影響も明らかにしてきた⁴⁾。そこで、今回はその壁効果が容器内の間隙率にどのような影響を与えているのかを調べたので、ここに報告する。

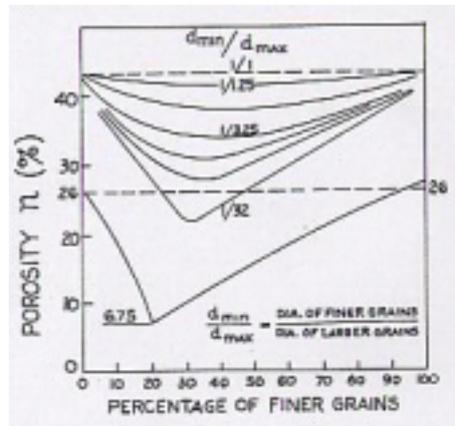


図-1 二種の大きさの粒を混合したときの間隙率

2. 容器形状係数と極限間隙率の提案

著者らは、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¹⁾。今回は2次元のため、 $R_v = A/V = (2/B) + (2/h)$ となる (ここに A : 供試体表面積, V : 供試体体積, B : 容器幅, h : 供試体高さ)。つまり、供試体が大きいくほど、 R_v の値は小さくなる特徴をもつ。また一般の充填実験では、容器幅 B は一定のまま供試体高さ h が増加する形となり、 $h \rightarrow \infty$ を考えると容器形状係数 R_v には、容器幅 B に対応する極限值 $R_{v\infty} = 2/B$ 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。



写真-1 実験後の状態

3. 実験方法と手順

厚さが同一である円板粒子を実験材料として使用し、その厚さと等しい奥行き直方体容器を充填容器として用いた。円板粒子は直径 $d=10, 25\text{mm}$ の2種類を用い、充填容器は幅 $B=20\text{cm}$ 、高さ $h=20\text{cm}$ の正方形容器を使用した。したがって、アクリル円板の粒径比(d_{min}/d_{max})は、 $10/25$ である。また、細粒分含有率 FC は、 0% (大粒子のみ)、 7.14% (大粒子2個:小粒子1個の配合割合)、 24.24% (大粒子1個:小粒子2個の配合割合)の条件で実験を行った。

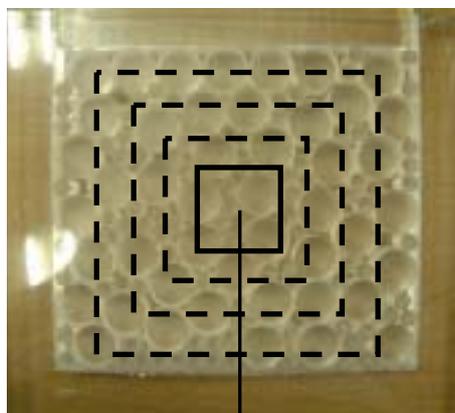


写真-2 解析範囲の例

実験手順については、最初に容器の一層目が完全に密に充填されるように粒子を詰める。落とし蓋をした後、供試体高さを測定する。なお供試体高さは容器両端2箇所の平均値とした。次に、一つの粒子を無作為に投入する度に密な状態を確認した後に供試体高さ h を測定した。この一連の作業を試料が容器に満杯になるまで繰り返した。このような方法を用いた理由は、粒子が不規則に充填されながら供試体高さが

キーワード：最密充填，2粒子混合充填，間隙率，壁効果

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

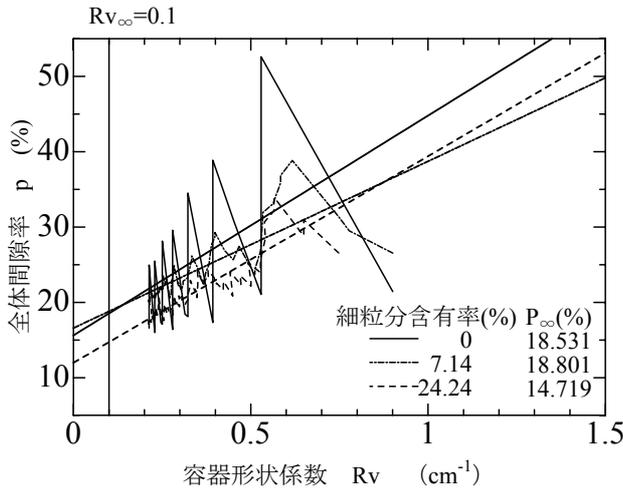


図-2 容器形状係数と間隙率の関係

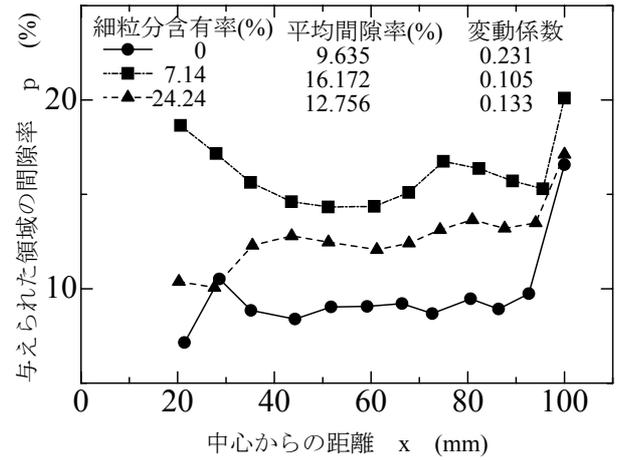


図-3 中心からの距離と間隙率の関係

僅かずつ増加する詳細な変化を捉えるためである。最終状態の写真を撮り(写真-1), 各粒子の接点座標を読み取り, 充填状態をデジタル化した。そして, 写真-2 に示すように, 正方形領域の大きさを種々変え, その領域内の間隙率を算出した。

4. 実験結果

図-2には, 容器形状係数 R_v と全体の測定間隙率 p の関係が示してある。この R_v は h が大きくなるにつれて小さな値をとる特徴を持っているので, p のプロットは右から左に推移し, 不規則な増減を繰り返しながら減少する様子が見える。このような全体間隙率の大きな変動は壁効果の現れである。そして, この図の特徴は一次回帰式により間隙率の減少傾向を適切に表現できることである。また, 前述したように R_v は極値(今回の容器条件では $B=20\text{cm}$ より $R_{v\infty}=0.1\text{cm}^{-1}$) を持つ性質があるため, この回帰直線と $R_{v\infty}$ との交点から極限間隙率 p_∞ を求めることができる。そして, この p_∞ の値は, 細粒分含有率 FC の値により大きく異なることもわかる。

図-3には, 写真-2 に示すように計算領域を変化させた場合の間隙率の変化を領域の大きさ(中心からの距離 x) との関係で示してある。 $FC=0\%$ の場合は, 大粒子のみの完全な斜方配列(理論間隙率 9.31%)になるはずであるが, 考慮する領域が小さすぎる ($x \leq 35 \text{ mm}$) と理論値から大きく外れた値となっている。一方, x の領域が $35 \sim 95 \text{ mm}$ の間ではほぼ理論値と同じ値で一定となっており, 斜方配列になっていることが確認できる。ただし, $x=100 \text{ mm}$ とした全領域の間隙率は大きく増加 ($p \approx 16.6\%$) し, 大きな壁効果の影響が現れている。

また, 今回の細粒分を混入させた場合にも, ①小領域 ($x \leq 35 \text{ mm}$) での間隙率の大きな変動, ②中間領域 ($35 \leq x \leq 95 \text{ mm}$) でのほぼ一定の間隙率, ③全領域の大きな間隙率の増加, という傾向は認められる。

5. まとめ

今回, 壁効果が容器内の間隙率にどのような影響を与えているかを調べた結果, 試験条件は限定されたものであるが, ①全体の間隙率は容器形状係数により整理することができること, ②小さな領域において間隙率を計算すると大きな変動が生じそうであること, ③ある程度大きな領域を考慮すれば, ほぼ安定した間隙率が得られること, ④表層部分には, 大きな間隙が存在することなどが明らかになった。

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.115-127, 2003. 2)板橋一雄・松尾稔・内藤充則・森隆:粒子形状に関する視覚印象図のフラクタル解析と形状パラメーターの比較, 地盤工学会論文集, 44(1), pp.143-156, 2004. 3)Farouki. O. T and Winterkorn. H. F :Mechanical Properties of Granular Systems, Highway Res Record 52, pp.34. 4)水野裕介, 板橋一雄, 長谷川裕久, 2 種混合アクリル円板の最小間隙率に対する粒径比の影響, 土木学会中部支部, 平成 18 年度研究発表会講演概要集, pp237-238, 2007.