

2 種混合アクリル円板の最小間隙率

名城大学 理工学部 学生員 ○岩間美樹
学生員 長谷川裕久 正会員 板橋一雄

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、均一な礫質材料の最密・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)}。一方、2 種類の混合材料に対しては、Farouki ら³⁾は図-1 に示すような細粒含有率と間隙率の関係を得ているが、細粒な材料を対象としているため、壁効果を考慮する必要はなかった。しかし、礫質材料を考える場合には、容器の大きさとの関係から壁効果を考慮する必要性が生じる。そこで、今回は粒径の異なる 2 種類のアクリル円板を種々の割合で混合し充填実験を行った。また、壁効果を考慮した最密充填特性に関する簡単な数値計算を行ってみたので、ここに報告する。

2. 容器形状係数と極限間隙率の提案 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 に対応する極限値 $R_{v\infty} = 2/B$ が存在する。そして、その極限値 $R_{v\infty}$ に対応する間隙率を極限間隙率 p_∞ と定義している。

3. 実験方法と手順 今回の実験で 2 次元における形状の差異を表現するために、高さが同一の円柱形の粒子を実験材料として使用し、その粒子の高さと等しい奥行きの直方体容器を充填容器として用いた。円柱形粒子は、断面が図-2 に示すような粒径の異なった円板の 2 種類であり、円の直径は $d = 10, 20$ mm、充填容器の大きさは幅 $B = 200$ mm、高さ $h = 200$ mm の正方形のものを使用し

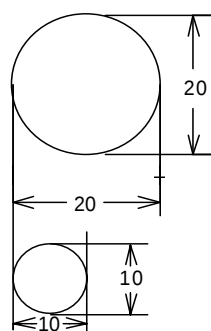


図-2 粒子の平面図

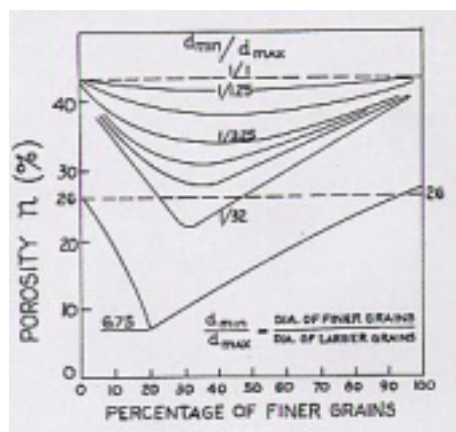
図-1 二種の大きさの粒を混合したときの間隙率³⁾

表-1 混合割合と投入個数

混合割合(%)	個数	
	10mm	20mm
3.03	8	1
7.69	3	1
11.11	2	1
20.00	1	1
33.33	1	2
42.86	1	3
60.00	1	6
80.00	1	16
90.00	1	36
95.00	1	76

た。2 試料の混合割合は 10 mm 円の混合割合が 0, 3.03, 7.69, 11.11, 20.00, 33.33, 42.86, 60.00, 80.00, 90.00, 95.00, 100% になるよう調整を行った。各割合における粒子増加個数は表-1 に示してある。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。このように不規則に粒子が充填されながら供試体高さが僅かずつ増加する経過によって、壁効果による間隙率の詳細な変化を捉える努力を行った。図-3 には 42.86% で実験を行なった時の充填し



図-3 充填実験の様子

キーワード：最密充填，2 粒子混合充填，間隙率

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

た様子の一例を示している。

4. 実験結果 図-4 は3種類の実験結果を例として、横軸に供試体高さ h 、縦軸に間隙率 p で整理したグラフである。図よりどの混合割合の場合も h の増加とともに p は規則的な増減を繰り返しながら減少していくことがわかる。また混合割合が大きくなるにつれて p の値や増減幅が小さく、割合の大きい方が一番密に詰まっていることが見受けられた。しかし、このグラフでは間隙率がどこまで収束するのか具体的には見て取ることが困難である。そこで同じ実験結果を容器形状係数 R_v によって再整理したグラフを図-5 に示した。ここで R_v は h が大きくなるにつれて小さな値を取る特徴を持っているので、 p のプロットは右から左へと推移することになる。図より図-4 と同様に p は増減を繰り返しながら減少しており、混合割合が大きくなるにつれ p は小さくなっている。さらに、 R_v で表現することにより、 p が直線的に収束することがわかる。各混合割合での p の挙動に対して回帰分析を行い、その回帰直線をグラフに示してある。前述したように R_v は極値を持つ性質があり（今回の場合では $B=20$ より $R_v=0.1$ ）、回帰直線との交点から極限間隙率 P_∞ を求めることができた。図-6 にはこのようにして求めた P_∞ を 10 mm の混合割合との関係で示してある。この図より混合割合が 0～3.03% の間ならびに 95.00～100% の間で P_∞ が急変する特徴が明確に現れている。一方、混合割合が 7.69～33.33% の間では P_∞ は 7.69% で緩くなり、徐々に減少し、33.33% で最も密になっていた。さらに 33.33～90% の間では混合割合の増加とともに P_∞ の増加する傾向が見られ、90.00% で緩い値を示している。この 7.69～90.00% の間で見受けられた挙動は、Farouki らが示している関係とほぼ類似した結果となっている。一方、混合割合が 3.03% 以下ならびに 95.00% 以上で見られる急激な間隙率の変化は、均質なものに異質のものがわずかも混入すると急激に充填構造が乱され密には詰まらなくなる現象が現れたものと考えられる。

5. まとめ 今回の報告では2次元で考えた場合の粒径の異なる2種類の試料を混合し、充填実験を行った。そして壁効果を考慮した間隙率に対する混合割合の影響について検討を行った。その結果、細粒の混合割合によって壁効果を考慮した極限間隙率 P_∞ に対して特徴的な変化を得ることができた。今後は、その他の大きさの亚克力板や容器を用いた実験を実施し、今回得られた結果を補強して行きたい。

参考文献 1)板橋一雄, 松雄稔, 内藤充則, 森隆: 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. 2)板橋一雄, 松雄稔, 内藤充則, 森隆: 粒子形状に関する視覚印象図のフク外解析と形状パラメータの比較, 地盤工学会論文集, 44(1), pp.143-156, 2004. 3)Farouki, O.T et al.: Mechanical Properties of Granular Systems, Highway Res Record 52, pp.10-58, 1964.

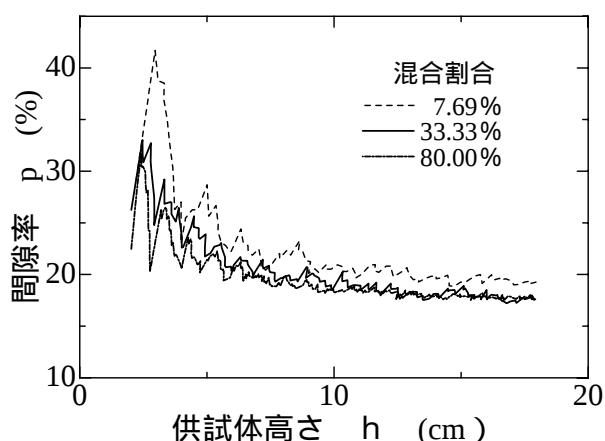


図-4 供試体高さと間隙率の関係

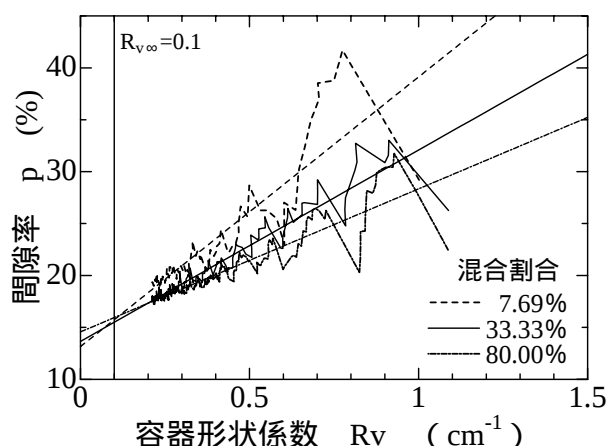


図-5 容器形状係数と間隙率の関係

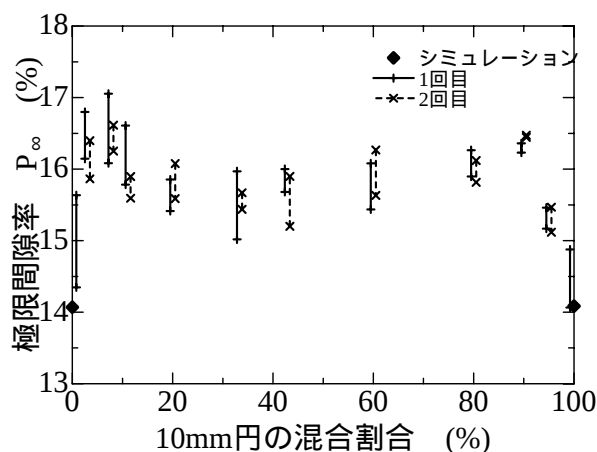


図-6 混合割合と極限間隙率の関係