

充填特性に対する扁平度の影響（その2）

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

1. はじめに 筆者らは、礫材料の相対密度を求めることを最終目的として、砂礫材料の最密状態、最疎状態に関する基礎的かつ詳細な研究をこれまで実施してきた。その中で壁効果を考慮した均一球の菱面体充填シミュレーションや種々の材料の充填実験を行ってきた¹⁾。その結果として、均一材料の最密充填特性は充填容器による壁効果や粒状体の粒子形状などに影響されることが示唆され、2次元でとらえた場合の粒子形状の扁平さが間隙率に及ぼす効果を検討してきた。今回は3次元でとらえた粒子形状の相違が壁効果を考慮した間隙率に及ぼす影響に着目して、粒子の扁平さと壁効果を考慮した最密充填試験を実施し、その間隙率について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. 実験材料と実験方法 今回の実験では、3次元でとらえた場合の粒子の扁平さを比較・検討できるように、ステンレス球と基石を実験材料として用いた。ステンレス球の粒径 d は 19, 10, 8 mm の3種類であり、それぞれをステンレス球 A, B, C とする。基石については表-1に示すような2種類のものを使用し、それぞれを基石 A, B とする。なお、表中の直径 d はそれぞれ直方向からの値であり、基石 A, B それぞれのサンプル数は20個である。また、試験容器として円柱容器 ($D=6\text{cm}, h=8\text{cm}$) を用いた。実験手順としては、はじめに容器の一層目が完全に充填されるように粒子を詰める。円柱容器に落とし蓋をして、蓋を含めた供試体高さをノギス (最小読み 0.01 mm) で測定し、その重量を測る。

表-1 実験に使用した基石

基石 A				
	直径 d (mm)		厚さ h (mm)	質量 m (g)
平均	21.802	21.796	10.327	6.032
標準偏差	0.058	0.060	0.112	0.174
変動係数	0.003	0.003	0.011	0.029

基石 B				
	直径 d (mm)		厚さ h (mm)	質量 m (g)
平均	21.377	21.379	8.130	2.642
標準偏差	0.096	0.098	0.049	0.046
変動係数	0.004	0.005	0.006	0.018

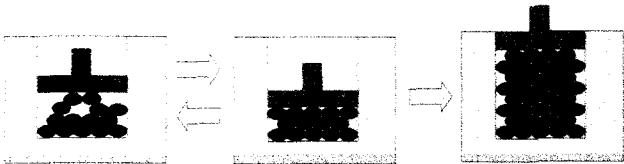


図-1 実験手順の流れ

次に、一つの粒子を投入する度に、1分間120回振動するように設定した土壌振トウ機で容器に150秒間の衝撃を与え、その供試体高さを測定した。この一連の作業を両材料とも容器が満杯になるまで行なった。図-1は実験手順の流れを示したものである。このような工程を行った最大の理由は、試料の僅かな増加に対する壁効果の影響による間隙率の挙動の把握である。

4. 実験結果 図-2(a)は実験結果より、ステンレス球 C, A と基石 B について間隙率 p を供試体高さ h で整理したグラフである。図よりどの材料においても、 h の増加とともに p は増減を繰り返しながら収束していくことが分かる。また、材料の厚さが等しいステンレス球 C と基石 B を比較すると、 h が増加するにつれ基石 B の p がステンレス球 C の p に近い値となっていく傾向が見られる。次に、同じ試験結果に対して p を容器形状係数 R_v で再整理した図-2(b)からもその傾向がはっきりと認められ、 $R_{v\infty}(=0.667)$ との交点である極限間隙率 p_∞ についてはステンレス球 C の方が基石 B より小さい値をとるものの、共に近い値をとること

が示された。一方、材料の厚さが異なる基石 B とステンレス球 A を比較すると、扁平である基石 B の方がより密に詰まることが確認できる。次に図-3(a)は、ステンレス球 B, A と基石 A について間隙率 p を供試体高さ h で整理したグラフである。図-2(a)と同様に、全ての材料において、 h の増加とともに p は増減を繰り返しながら収束していくことが分かる。また、材料の厚さが等しいステンレス球 B と基石 A を比較すると、 h が増加するにつれ基石 A の p がステンレス球 B の p に近い値となっていく傾向が見られる。また、同じ試験結果に対して p を容器形状係数 R_v で再整理した図-3(b)からもその傾向がはっきりと認められ、極限間隙率 p_∞ についてはステンレス球 B の方が基石 A より小さい値をとるものの共に近い値をとることが示された。一方、材料の厚さが異なる基石 A とステンレス球 A を比較すると、扁平である基石 A の方がより密に詰まることが確認できる。

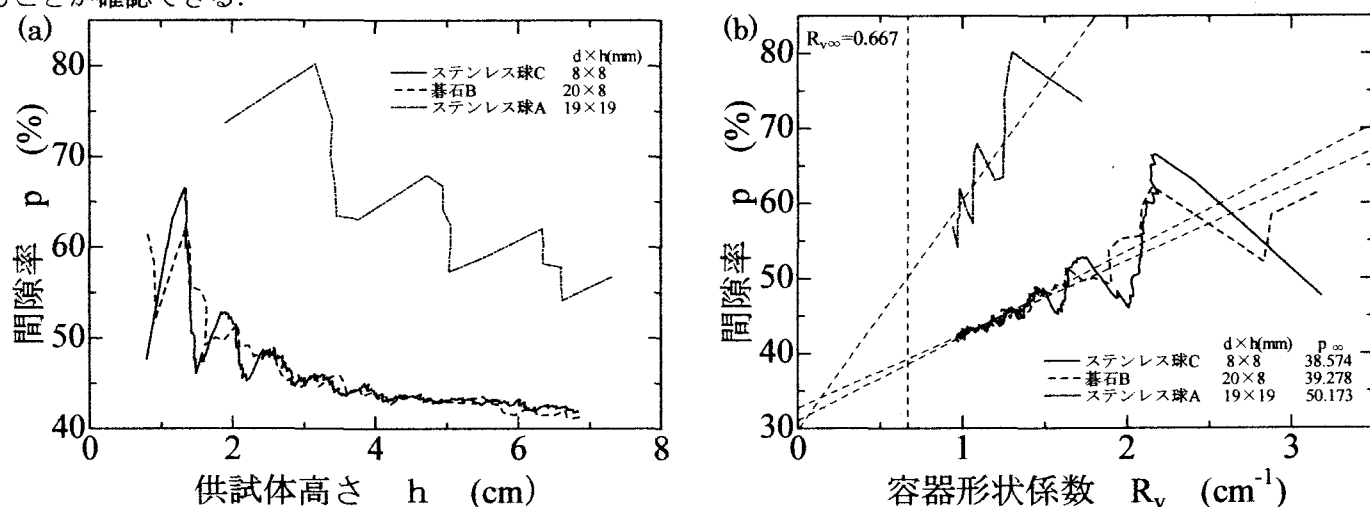


図-2 間隙率と供試体高さおよび容器形状係数との関係 (ステンレス球 C, A, 基石 B)

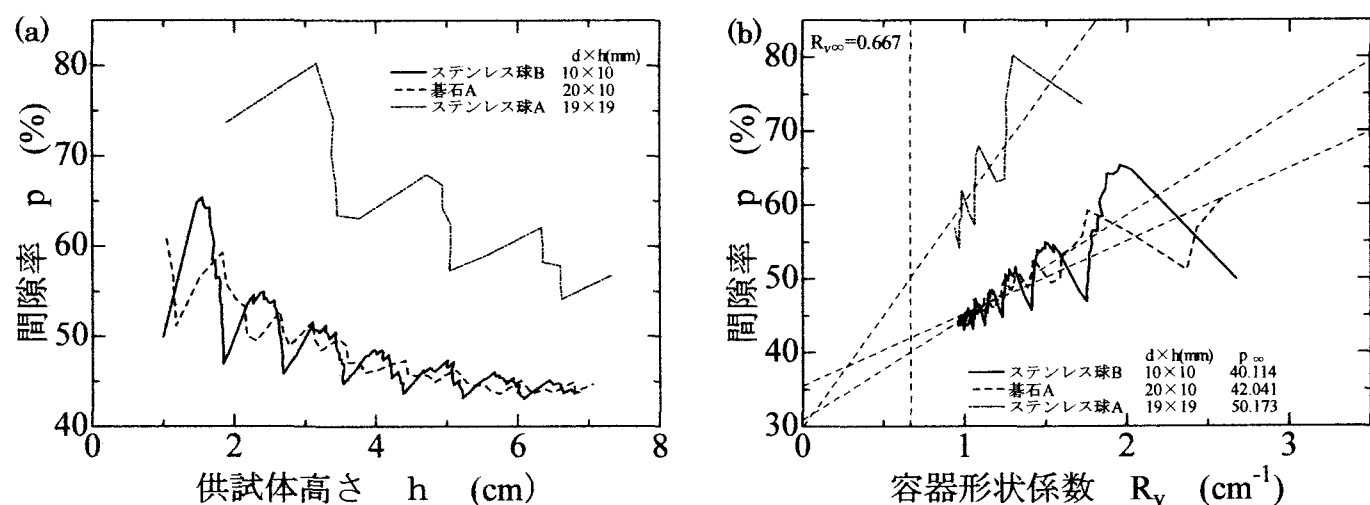


図-3 間隙率と供試体高さおよび容器形状係数との関係 (ステンレス球 B, A, 基石 A)

5. まとめ 今回の実験では、3次元で考えた場合の粒子形状の扁平さが、壁効果を考慮した間隙率 p に及ぼす影響について検討したが、以下のような結論が得られた。①ステンレス球とその球の直径に短軸の値が等しい基石では、充填過程において基石の p の挙動はステンレス球のそれに近づき、基石の p_∞ とステンレス球の p_∞ に大きな差異は認められなかった。②ステンレス球とその球の直径に長軸の値が等しい基石では、充填過程において基石の方が p は小さく、密に詰まることが確認された。つまり、3次元で考慮した場合、扁平な物体の充填の方が、その物体と平面の直径が等しい球の充填よりも壁効果を考慮した p が小さく、密に詰まることが確認された。

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回地盤工学シンポジウム論文集, 地盤工学会中部支部, 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.