

粒子形状の異なる 4 種類の粒状体の充填実験

名城大学理工学部 学生員○神谷圭吾 学生員 丸山洋平
学生員 木村哲晃 学生員 姫野 圭
正会員 板橋一雄

1. はじめに

著者の一人は、供試体密度の誤差原因の一つとして、供試体表面付近の乱れを考え、密度の差異が供試体の表面積と体積の比で表現できることを提案してきた¹⁾。また、簡単な仮定の下での定式化とシミュレーションを実施し、供試体の大きさの変化に伴う間隙率の変化傾向を示してきた²⁾。そこで、今回の報告では、4種類の粒状体（ステンレス球・海砂・川砂・まさ土）を用いて充填実験を行い、比較・検討したので、ここに報告する。

2. 形状係数の提案³⁾

容器形状（高さ、内径など）や粒子径の異なる材料の充填実験において、間隙率の変化傾向は、一般的に容器高さや容器内径との関係で整理されるが、一定の傾向的变化は読み取れるものの、その表現方法は簡単ではない。そこで、容器の大きさを評価できるような単一の指標を考えた。容器に粒子を詰めていくと、容器と粒子との境界面により、粒子の詰まり方が乱される。そこで、容器形状を表現する一つの係数として、容器の全表面積Aと体積Vの比を考え、形状係数と定義した。容器内径D(cm)・高さh(cm)の円柱容器の場合、容器の形状係数は以下ようになる。

形状係数： $R = A/V = 2/h + 4/D$

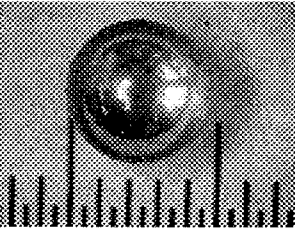
この定義から、形状係数R(cm⁻¹)は小さい容器ほど大きな値となり、大きな容器ほど小さな値を取ることとなる。つまり、容器の小ささを表す係数と考えられる。

3. 充填実験方法

内径 5.0cm、高さ 8.0cm の円柱容器と、d=5mm の均一ステンレス球、および、粒径 4.00～4.75mm に調整した 3 種類の粒状体（海砂・川砂・まさ土）を用いて、ランダム充填実験を行った。なお、この粒径範囲は JIS 規格ふるいの一つ分に相当し、ここでは均一粒度と考えている。最初に、各試料が 1 層目に完全に充填される重量ならびに高さを測定し、間隙率を計算した。その後の充填では、一定試料重量（0.464～1.563g）を増加させて間隙率を計算した。充填に当たっては、容器に落とし蓋をせずにフロー試験機に載せ、衝撃を 50 回（1 回/秒）与えた。その後、落とし蓋を載せ 150 回の衝撃を与え、最密な状態を作り出している。

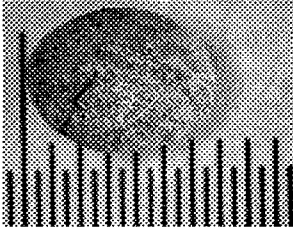
4. 4 種類の粒状体の形状比較と充填実験結果

今回使用した 4 種類の充填材料を写真・1 から写真・4 に示した。これらの写真から、粒子の違いが明らかに認められる。写真・1 より、ステンレス球の表面は滑らかであり、完全な球形である。写真・2 より、海砂の表面は非常に滑らかで、丸みを帯びている。写真・3 の川砂においては、表面は比較的滑らかで、やや丸みを帯びている。一方、まさ土の表面は大きな凹凸が見られ、比較的角張っている。このように、粒子の形状や表面特性の異なる粒子を充填した結果を以下に示す。



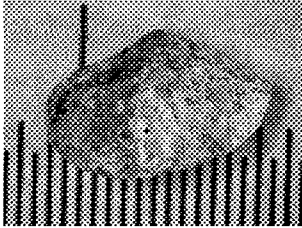
写真・1

（ステンレス球 d=5mm）



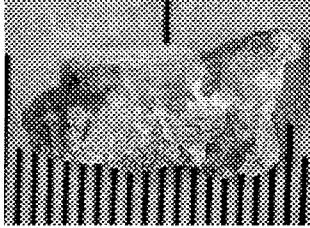
写真・2

（海砂 4.00～4.75mm）



写真・3

（川砂 4.00～4.75mm）



写真・4

（まさ土 4.00～4.75mm）

図-1 より、ステンレス球の充填実験結果において、間隙率の変化傾向は、供試体高さ 3cm まで大きな増減を繰り返しており、その後は一定値に収束していく傾向が認められる。海砂においては、間隙率の変化傾向は、ステンレス球の充填結果のように大きな増減は認められず、微小な増減を示しながら一定値に収束していく傾向にある。そして、4 種類の粒状体の中で、最も密に詰まっていることがわかる。川砂においても、間隙率の変化傾向に大きな増減は認められず、微小な増減を示している。そして、海砂の次によく詰まっている。また、まさ土においても、間隙率の変化傾向は微小な増減を示している。しかし、まさ土粒子を充填した場合、他のどの粒状体を充填した結果よりも、間隙率の値が大きい。これは、まさ土粒子の粒子形状・表面特性によるものと考えられる。写真で示したように、粒子表面が滑らかで丸みを帯びているものはよく詰まり、粒子表面の凹凸が激しく角張っているものは詰まりにくいことがわかる。

図-2 より、前述したように、形状係数は容器の小ささを表わすため、供試体高さが高くなるにつれて形状係数は小さくなる。つまり、図上においては、実験データは右から左へとプロットされることになる。同じ形状係数であっても、粒子が丸みを帯びている場合の方がより小さな間隙率を得ることが強調されて図示されている。この図において特徴的なことは、4 種類の粒状体の充填実験結果において、間隙率の変化傾向を一次式で表現することができた（点線）ことである。ステンレス球の充填結果においては、間隙率の変化傾向が明らかであるため、最も緩く詰まった最上点を最疎間隙率とし、最も密に詰まった最下点を最密間隙率として二つの一次式で回帰している。海砂・川砂・まさ土においては、間隙率の変化傾向が微小なため、全体で回帰している。これら一次式の勾配が異なるのは、容器壁等により粒子配列が乱されたこと（壁効果）、粒子の表面形状・表面特性が異なる等の要因のために生じたものと考えられる。これらにより、多少ばらつきが見られるが、提案した形状係数に意味合いが感じられる。

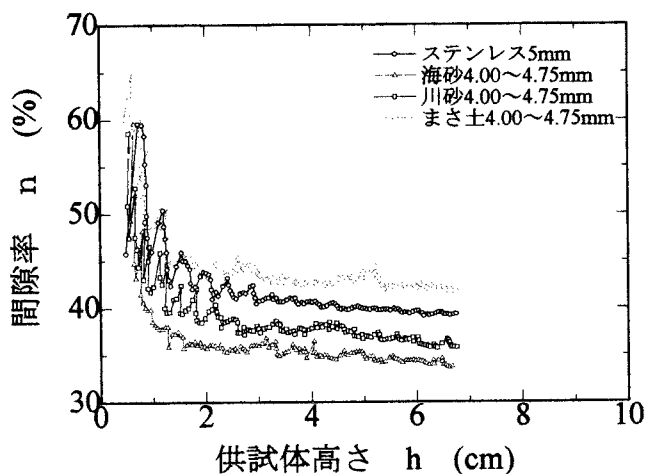


図-1 間隙率～供試体高さの関係

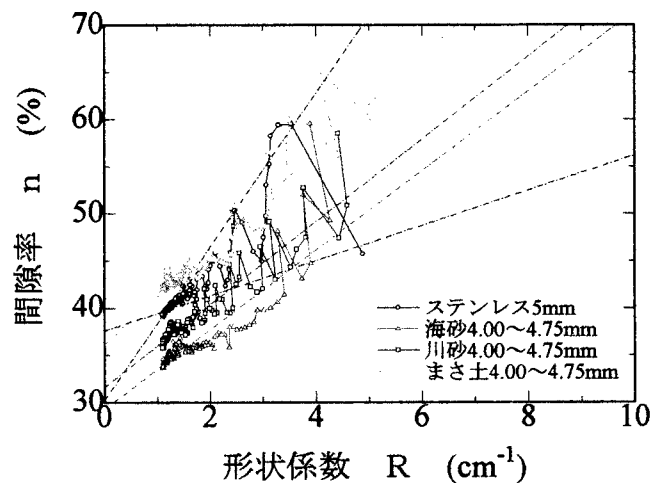


図-2 間隙率～形状係数の関係

5. まとめ

粒子形状の異なる 4 種類の粒状体を充填した結果、粒子形状の相違によって、粒子の充填特性が異なることがわかった。今後は、ステンレス球に粒度を持たせた実験を行い、検討したい。

参考文献

- 1)板橋一雄・植下協：乱さない洪積熱田砂の力学的特性,土質工学論文報告集,Vol.20,No.3,pp.101 - 109,1980.
- 2)木村哲晃・板橋一雄・姫野圭：均一粒状体の間隙率に対する壁効果の分類～その定式化と数値シミュレーション～,地盤工学会中部支部第 12 回地盤工学会シンポジウム論文集,pp.87 - 94,2000.
- 3)牧岳志・板橋一雄・和田英孝：均一粒状体の間隙比に対する壁効果の影響～その定式化と数値シミュレーション～,第 10 回地盤工学シンポジウム論文集,地盤工学会中部支部,pp.1 - 6,1998.