

均一および二種混合のステンレス球の充填実験

名城大学理工学部 学生員○木村 哲晃 学生員 姫野 圭
学生員 森 省吾 正会員 板橋 一雄

1. はじめに

本研究室では、間隙比の変化傾向と間隙比に対する壁効果の影響を調べるために、均一ステンレス球の充填実験を行ってきた¹⁾。均一ステンレス球を用いた理由は、充填特性を簡易に分かり易く表現できることであるが、土粒子のような粒状体と異なる点の一つに粒度が挙げられる。そこで、粒子径の異なる二種類のステンレス球を混ぜ、粒度に幅をもたせた試料で充填実験を行ったので、ここに報告する。

2. 容器の形状係数と形状粒径比の提案²⁾ 容器形状（高さ、内径など）や粒子径の異なる充填実験において、間隙比の変化傾向を容器内径や容器高さとの関係で整理すると、一定の傾向的特徴は読み取りにくい。そこで、間隙比が容器形状の影響を受けていると考え、容器の大きさを評価できるような単一の指標として、容器の表面積Aと体積Vの比について考え、形状係数Rと形状粒径比Rdを提案した。容器内径D〔cm〕、高さh〔cm〕の円筒形容器について、

形状係数： $R = A / V$ 〔 cm^{-1} 〕 形状粒径比： $R_d = R \times d$ （無次元） である。

3. 実験方法 内径D=5cmの円筒形容器と、二種類の直径dのステンレス球（d=2, 5mm）を用いて、均一粒度のランダム充填実験と、二種類の粒径を特定の割合で混ぜた混合材料のランダム充填実験を行った。最初に1層目に最も密に入る粒子数とその重量ならびに高さを測定した。高さについては、容器の三ヶ所で測定した。1層目以降の充填については、粒子増加個数を表-1に示すように規則正しく増加させた。最も密な状態にするために粒子を一度に詰め、容器を軽く揺すり供試体表面を水平にさせた後、容器に落し蓋をせずに試験機（フロー試験機）にセットし、衝撃を50回与えた。その後、落し蓋を載せ150回の衝撃を与えた。衝撃を与える速度は、1回/秒とした。衝撃を与え終わった供試体の高さと重量を計測し、間隙比を算出した。

二種類の径の混合材料による充填実験は、粒子の配合率を変え、5種類の実験を行った。粒子の配合率・増加個数などを表-1に示す。実験方法については、均一粒径の充填実験の場合と同じとした。

4. 実験結果 図-1から図-3に直径2mmと5mmの均一なステンレス球の充填結果と、混合材料の充填結果を図で整理して示した。図-1の間隙比～供試体高さの関係より、均一粒度（記号A, G）の充填結果では、間隙比の規則的な増減を繰り返しながら、ある一定値に収束していく傾向のあること、粒子径の小さな場合の方が間隙比は全体的に小さく現れることがわかった。

二種類の径の混合材料による充填結果（記号B～F）は、均一粒子の充填実験のような規則的な間隙比の増減はみられていない。また、供試体高さが1cmまでは

表-1 ステンレス球充填実験データ表

粒子径配合率	粒子増加個数	平均粒径	図記号
2mm0% 5mm100%	0 5	5.00mm	A
2mm21% 5mm79%	39 10	4.37mm	B
2mm31% 5mm69%	61 9	4.07mm	C
2mm40% 5mm60%	82 8	3.80mm	D
2mm61% 5mm39%	122 5	3.17mm	E
2mm84% 5mm16%	161 2	2.48mm	F
2mm100% 5mm0%	90 0	2.00mm	G

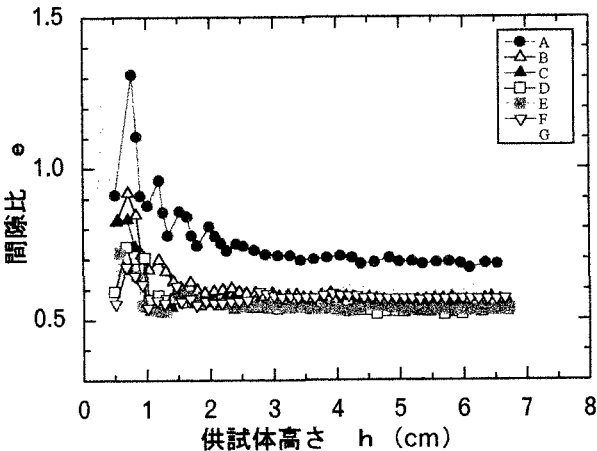


図-1 間隙比～供試体高さの関係

間隙比の大きな減少がみられるが、1cm を越えた辺りからほぼ一定値となる傾向がある。さらに、どの混合割合のデータを見ても、2mm 球のみの充填実験結果よりも収束する間隙比が小さく、試料が密に詰まっていることに興味を持たれる。

図-2 の間隙比～形状係数の関係より、均一球を充填した場合、粒子の占める高さが増すために、形状係数は減少していくことがわかる。また、すべての場合で最も密に詰めたにもかかわらず、間隙比は規則的な増減を繰り返し、一定値に近づく傾向を示す。混合材料の場合には、粒子の増加に伴い、間隙比は小さな増減を繰り返しながら減少し、間隙比の減少傾向が2mm 粒子の混合割合の増加に伴い、わずかに小さくなることわかる。

図-3 の間隙比～形状粒径比の関係図において、二種粒径を混合した場合は、形状係数 R にかける粒子径 d をどのように設定するかで図が大きく変わってしまう。今回は、それぞれの混合割合における平均粒径により計算してある。均一球を充填した場合、詰める粒子の増加に伴って、形状粒径比 Rd は減少し、間隙比は増減を繰り返しながら一定値に収束していく傾向があることがわかる。混合材料の場合には、微小で緩やかな増減を繰り返しながら一定値に収束していく傾向が見られる。

図-4 は、間隙比～2mm ステンレス球の混合割合で整理してある。白抜きの点は、それぞれの高さで最も小さい間隙比を示している。2mm 粒子の割合が増すにつれ、間隙比が減少し密に詰まっていることがわかる。今回の実験では、2mm 粒子の混合割合が60%のときに、それぞれの高さで間隙比が最も密になるケースが多いことが読み取れる。

5. まとめ 均一粒径による充填実験では、粒子の増加に伴って、間隙比は規則的な増減を繰り返しながらある一定値に収束していく傾向があり、粒子径の大きなものを充填すると、間隙比は全体的に大きく現れることがわかった。2mm 球と5mm 球による二種粒径の混合充填実験では、均一粒径の充填実験のような規則的な増減はみられなくなり、間隙比の減少傾向は2mm 粒子の割合増加に伴い、わずかに小さくなることわかった。

参考文献 1) 宮地純朗, 牧岳志, 安藤中雄, 板橋一雄: 円筒容器へのステンレス球の最密充填に対する容器高さとの影響, 平成9年土木学会中部支部研究発表会, pp. 513-514, 1998. 2) 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, 地盤工学会中部支部, pp. 1-6, 1998.

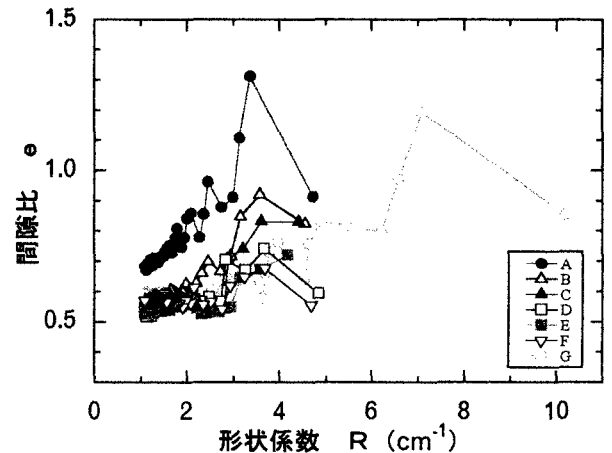


図-2 間隙比～形状係数の関係

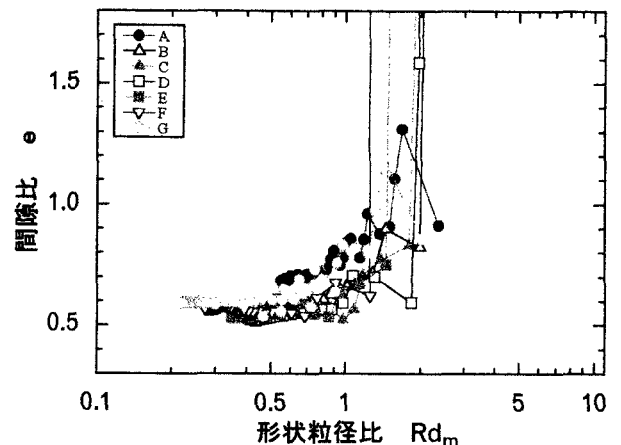


図-3 間隙比～形状粒径比の関係

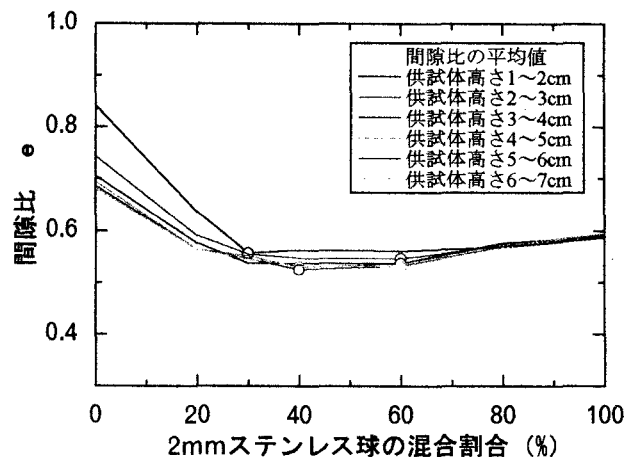


図-4 間隙比～2mm球の混合割合