

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

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)}。Farouki らの論文には、図-1 が示され、2 種混合材料の充填間隙率には、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。そこで、今回は大きさの異なる 2 種類のアクリル円板を混合し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を明らかにしたので、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。

3. 実験方法と手順

粒径の相違を明らかにするために、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の方角体容器を充填容器として用いた。円板粒子は、図-2 に示すような直径 $d=10$ (細粒分とした)、15, 20, 30 mm の 4 種類を用い、充填容器は幅 $B=20$ cm, 高さ $h=20$ 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、10/15, 10/20, 10/30 の 3 種類である。また、細粒分含有率 FC は、約 3, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 85, 90, 95% となるように粒子個数で調整した。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僅かずつ増加する詳細な変化を捉えるためである。写真-1 には粒径比 10/20, 細粒分含有率約 10% の結果を一例として示している。

4. 実験結果

図-3 には細粒分含有率約 30%, 粒径比 10/15, 10/20, 10/30 の時の結果を供試体高さ h と間隙率 p の関係で示してある。この図より、すべての場

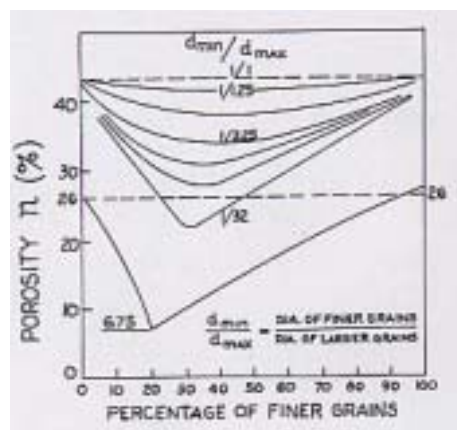


図-1 2 種の大きさの粒を混合したときの間隙率

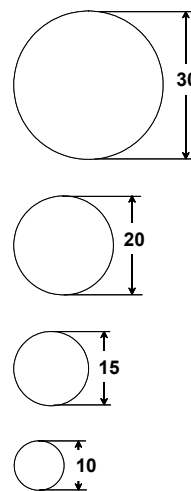


図-2 円板粒子の平面図



写真-1 充填実験の様子

合で h が増加していくにつれて p は不規則で大きな増減を繰り返しながら収束していくのが見て取れる。また、粒径比の小さい場合の方が密に詰まっていることが見受けられる。しかし、この図からは間隙率がどこまで減少していくのかを見て取ることは困難である。そこで、図-3 の試験結果を容器形状係数 R_v で整理し直し図-4 を描いた。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するが、やはり不規則な増減を繰り返しながら減少する様子がわかる。ただし、 h による整理と異なるのは、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 $B=20$ 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。この図より p_∞ は、粒径比が小さい方が小さくなることがわかる。なお、 p_∞ の予測値はデータ数の増加に伴い、僅かに増減するので、その最大値と最小値を求めている。

この様に求めた p_∞ の範囲を Farouki らと同様に、細粒分含有率 FC との関係として、図-5 を描いた。Farouki らが示した結果と比較して、この図の特徴的な点は、①細粒分含有率が 10%程度までは FC の増加に伴い p_∞ は増加すること、②また、この範囲では粒径比の小さい方が p_∞ が大きいこと、③細粒分含有率が 80%以上では、 FC の増加に伴い p_∞ が減少すること、④また、この範囲では、粒径比の影響は明確ではないことである。

一方、細粒分含有率が 20~80%の間では、Farouki らが示した結果と同様な傾向が認められる。すなわち、①粒径比の小さい方が p_∞ が小さいこと、② $FC=20\sim 40\%$ の間では、 FC の増加に伴い p_∞ が減少すること、③逆に、 $FC=40\sim 80\%$ の間では、 FC の増加に伴い p_∞ が増加することなどが観察される。

5. まとめ

今回、粒径比と細粒分含有率の相違を考慮した 2 種混合アクリル円板の充填実験を行った結果、細粒分含有率が 20~80%の間では、従来の指摘と同様な結果を得たが、その範囲外の細粒分含有率の区間では、異なる傾向が認められた。

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.

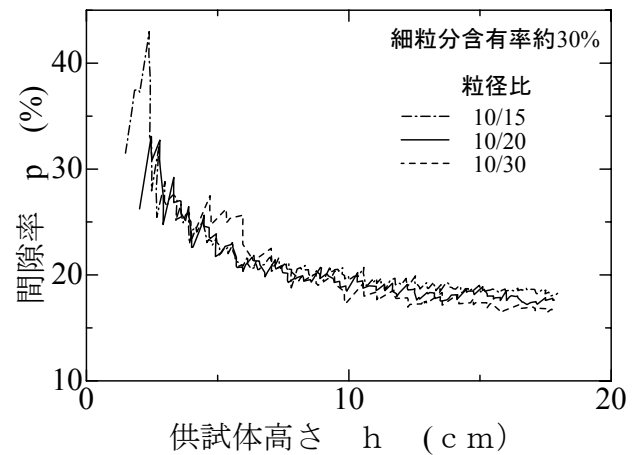


図-3 供試体高さと同隙率の関係

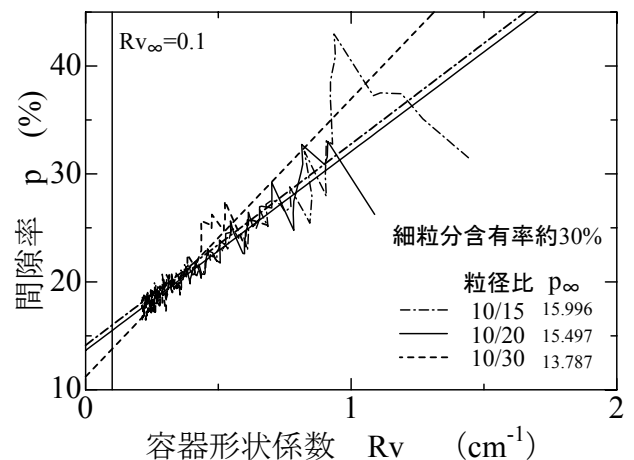


図-4 容器形状係数と同隙率の関係

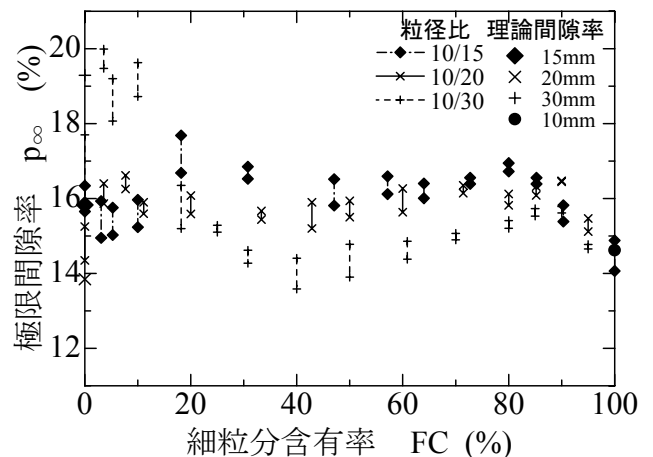


図-5 細粒分含有率と極限間隙率の関係