

礫質土の最大・最小間隙比の推定法

筑波大学大学院
筑波大学機能工学系

相崎 範彦
松島 亘志
山田 恭央

1 はじめに

最小・最大密度(あるいは最大・最小間隙比)は、自然堆積礫質土、あるいはフィルダムや盛土などに用いる人工粗粒土の力学的特性を規定する重要な指標のひとつであるが、その測定方法については未だ定まった規格がない。本研究ではその規格化のための基礎データを収集することを目的とし、いくつかの異なるサイズのモールドを用いて実験を行った。また階段粒度を有する砂の最大・最小密度試験を行い、小粒径成分のみを抽出した試料よりもとの粗粒土の間隙比を推定する方法についても検討を加えている。

2 大型モールドを用いた密度試験

規格のモールドと新たに作製した大型モールド(内径 30.0、高さ 10.0cm)、および突固め試験用の中型モールド(内径 10.0cm 高さ 12.8cm)を用いて豊浦砂の最大・最小間隙比を求め、モールドの大きさが間隙比に与える影響を調べた。図-1 に示すように、モールドの径が大きくなるほど、最小間隙比は大きくなり、逆に最大間隙比はやや減少する傾向が得られた。最小間隙比の減少は、大型モールドでは打撃エネルギーが中央部まで届かないためと考えられる。

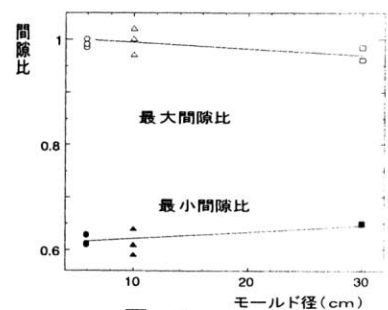


図-1

3 二つの異なった粒径をもつ砂の密度試験

ケイ砂4号(粒径 0.85mm程度)と豊浦砂(粒径 0.2mm程度)の混合試料について、規格のモールドで最大・最小密度の配合率の影響を調べた結果を図-2に示す。この図の横軸は質量比 x を表しており、 $x = 0$ は全てが大粒子、 $x = 1$ は全てが小粒子より構成された状態に対応している。小粒子(豊浦砂)の質量比が0から1へ変化する間に、最大・最小間隙比ともに極小値を持つことがわかる。

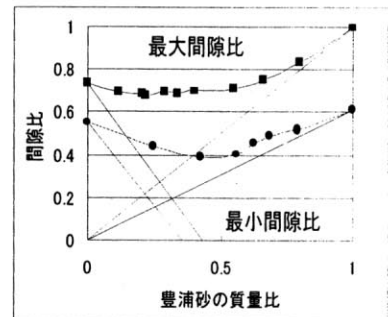


図-2

礫質土が土粒子密度の等しい大、小2種の粒径の材料の混合体とみなせるならば、間隙比の下限値を推定することができる¹⁾。すなわち図-3 のように大粒子の割合が大きく、大粒子の間に小粒子が散在する場合には、

$$e_i = \frac{(V_v)_T}{(V_s)_T} = \frac{(V_v)_A + (V_v)_B}{(V_s)_A + (V_s)_B} = \frac{\left(\frac{m_B}{\rho_s}\right)e_B + \left(\frac{m_A}{\rho_s}\right)}{\left(\frac{m_A}{\rho_s}\right) + \left(\frac{m_B}{\rho_s}\right)} = -x(e_B + 1) + e_B$$

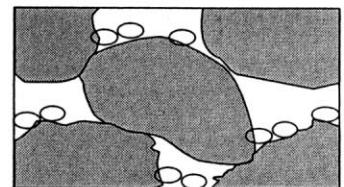


図-3

により、一方図-4 のように小粒子の割合が大きく、小粒子の中に大粒子が浮いているような状態の場合には、大粒子間の間隙は無いものとみなして、

$$e_i = \frac{(V_v)_T}{(V_s)_T} = \frac{(V_v)_A + (V_v)_B}{(V_s)_A + (V_s)_B} = \frac{\left(\frac{m_A}{\rho_s}\right)e_A}{\left(\frac{m_A}{\rho_s}\right) + \left(\frac{m_B}{\rho_s}\right)} = xe_A$$

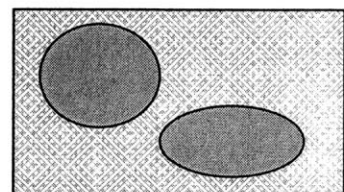


図-4

と近似できる。ここに、 e_A, e_B はそれぞれ大粒子と小粒子の間隙比、 m_A, m_B はそれぞれ大粒子と小粒子の質量、 ρ_s は土粒子の密度、 x は小粒子の質量比を表している。また、図-2 の直線は、これらの式より求めた最大・

キーワード: 礫質土、最大・最小間隙比、粒度分布

連絡先: 〒305-8573 つくば市天王台 1-1-1 筑波大学機能工学系 Tel:0298-53-5146 Fax: 0298-53-5207

最小間隙比を示している。

4 配合の良い砂の密度試験

図-5 に示す粒度分布を有する礫質土(試料 B)より、ある粒径(0.85 mm から 4 mm)以上の粒子を除去した試料を4種類作製し、規格のモールドを用いて最大・最小密度試験を行った。試料 B については、粒径が大きいため大型モールドを用いて密度を求めた。図-6 は最大・最小間隙比を均等係数に対しプロットしたもので、最も右側の点は大型モールドを用いた試料 B の値を示している。均等係数が大きくなる、つまり配合が良くなるにしたがって間隙比が小さくなる傾向がみられる。

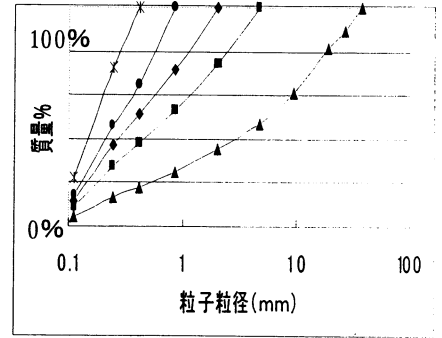


図-5

5 礫質土の最大・最小間隙比推定法

前節の実験結果に基づき、以下の手順で礫質土の最大・最小間隙比の下限值を推定してみた。

- 1 試料を粒径の小さい側を小粒子、残りの粒径の大きい側を大粒子とモデル化する。(図-7)
- 2 小粒子側を用いて最大・最小密度試験を行う。
- 3 得られた結果の数値を、横軸に質量%、縦軸に間隙比をとったグラフにプロットし、原点から直線を引く。(図-8)
- 4 小粒子側の質量比と直線との交点が、推定値となる。

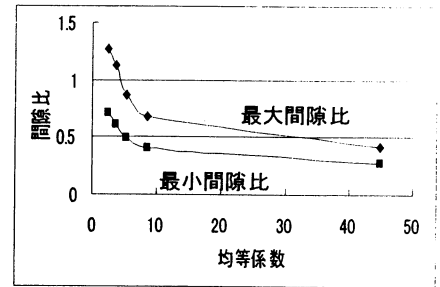


図-6

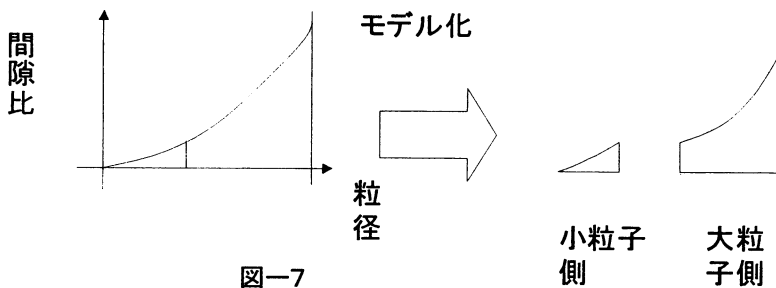


図-7

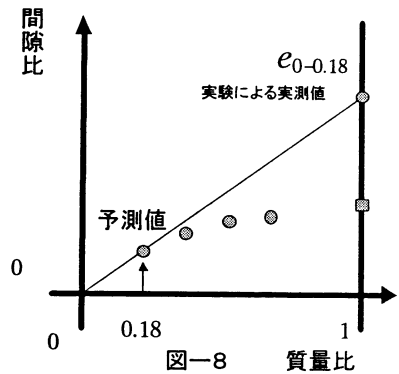


図-8

図-9、10 は、試料 B について最大・最小間隙比を推定した結果を示している。図の最も右側の点は、大型モールドで行った原試料の最大・最小密度試験の実測値である。実測値よりも上側の点は、前節の実験結果をそのままプロットしたもので上限値、下側の点は推定法から導いたもので下限値に、それぞれ対応すると考えることができる。

6 まとめ

礫質土の間隙比を、比較的粒径の小さな粒子のみを取り出した試料から予測する手法について検討を加えた。その結果、大粒子と小粒子の混合体モデルより下限を、小さい粒径成分を用いた実験より上限を求め、間隙比がとりうる範囲を定めることができた。

参考文献 1) Lade, P. V, Liggiio, C. D. & Yamamuro, J. A.: Effects of Non-Plastic Fines on Minimum and Maximum Void Ratios of Sand, Geotechnical Testing Journal, 1998.

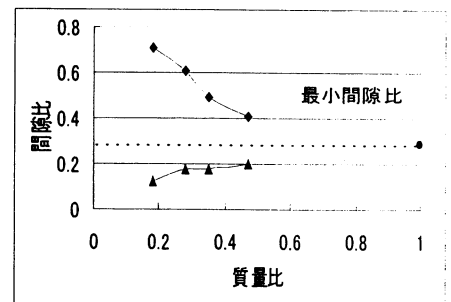


図-9

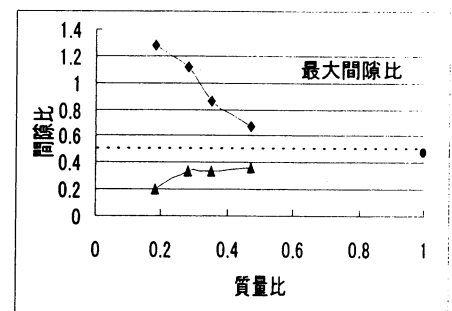


図-10