

Ⅲ-162

画像解析による土粒子形状の定量化に関する基礎的研究

広島大学工学部 正会員○森脇 武夫
(株)大本組 正会員 村上 康弘

1 はじめに

粒状体である土の力学的挙動の本質的なメカニズムを解明するためには、まず粒子形状および構造の定量的な評価が必要であるが、現在でも統一された粒子形状の定量化方法は確立されていない。そこで本研究では、まず粒子の撮影から解析までの流れを確立するとともに解析値の精度を検討する。その後粒子形状の定量化を行い、その粒子で形成される集合体の物理的、力学的性質との関連性を調べる。

2 方法

本研究では、粘土に比べて比較的取り扱いの容易な砂を試料として用いた。そして様々な粒径、粒度分布、形状特徴を持つ12種類の砂について解析を行なった。また本研究では個々の粒子の大きさや形状に着目しているため、粒子同士がなるべく独立した状態の投影面を写真撮影した。すなわち、光学顕微鏡に接続したCCDカメラによって得られる粒子情報をビデオプリンターによって撮影し、その粒子写真をイメージスキャナを用いてコンピュータに取り込み、画像解析ソフト(MacSCOPE)を用いて画像の処理、計測を行なった。そして測定・解析精度の検討として画像解析によって求めた粒度分布と、粒度試験による結果との整合性を調べた。また次に示す指標を用いて粒子形状の定量化を行い、各指標とその土の物理的、力学的性質との関連性も調べた。

$$\text{凹凸係数 } F U = 4 \pi \frac{\text{面積}}{(\text{周囲長})^2} \quad (1)$$

$$\text{針状比} = \frac{\text{最大長}}{\text{対角幅}} \quad (2)$$

$$\text{サイズ} = 2 \frac{\text{面積}}{\text{周囲長}} \quad (3)$$

3 解析結果と考察

3.1 精度の検討

抽出個数は最初、吉村¹⁾の研究を参考に20個として粒度分布の推定を行った。しかし20個では試料によって異なった分布を示すものもあったので、20個の粒子を持つ試料1と2を加えて抽出個数40個とした。抽出個数20個では多少実験値と異なっていたが、抽出個数を40個とすることで実験値に近い分布が得られた。他の砂についても同様の結果が得られたので経験的ではあるが、粒子を40個程度抽出すればほぼ正確な情報が得られると考えられる。

次に図1は、試料を扁平粒子と仮定したもの(粒径=対角幅/ $\sqrt{2}$)と、球形粒子と仮定したもの(粒径=対角幅)との中間値をとって粒度分布を推定したものである。この図より推定値は実験値とはほぼ一致しているのがわかる。実際、砂には扁平な粒子と球形に近い粒子とが混在しており、図1の結果はこのこととよく一致している。

以上で示したように本研究で得られた画像解析による情報は、ほぼ正確なものであるといえる。しかし図1より、粒径が約0.3mm以上の画像情報が入っていないことがわかる。これは、この撮影を行ったシステムの撮影可能範囲が約1mm四方であり、あまり大きな粒子が撮影でなかったためである。よって本研究で得られる画像情報は、使用したレンズの倍率で見ることのできる粒径の幅、撮影可能範囲に大きく依存している

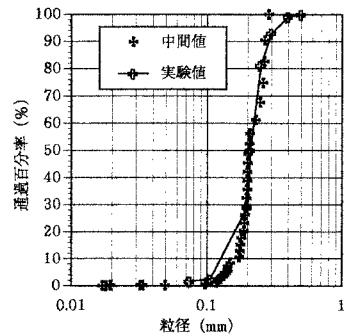


図1 豊浦標準砂の粒度分布
(粒子数40個)

といえる。

3.2 粒子形状の定量化と物理的、力学的性質との関連性

次に図2は本研究で用いた形状指標FUと最大、最小間隙比との関係を示したものである。この図より粒子が丸くなるにつれて、両間隙比は小さくなっていることがわかる。しかし、最大間隙比は最小間隙比に比べてその傾向が明確ではない。そこで粒径分布の影響を考え、全試料のほぼ平均値となる均等係数 $U_c=1.70$ を境界として関係を示したのが図3である。この図より粒子が丸くなるにつれて、最大間隙比が小さくなっているのがわかる。図は省略するが、本研究で用いたその他の形状指標サイズ、針状比も同様に両間隙比との関連性が認められたが、FUと間隙比の関係ほど明確なものではなかった。しかしいずれも均等係数 U_c をそろえて比較したほうがより明確な関係が得られた。

次にFUと内部摩擦角との関係について述べる。本研究では内部摩擦角は同時に粒子の大きさにも依存していると考え、サイズ=0.1を境界として関係を示したのが図4である。図よりFUが大きくなるとして、内部摩擦角は小さくなっていくのがわかる。針状比にも内部摩擦角との関連性が認められたが、サイズには明確な関連性は認められなかった。これは土の内部摩擦角は粒子表面の摩擦抵抗に強く依存するため、ただ単に粒子の大きさだけでは表現できないことを示している。

以上のように粒状体の粒子形状とその粒子で構成される粒子集合体の物理的、力学的性質との関連性が明らかにされた。しかし現段階では両者の関連性を決定づけるにはまだデータ数が不足している。また粒状体の力学的性質は粒子の詰まり方等の影響も受けられていると考えられるため、今後はより多くのデータの収集と、粒子の詰まり方等の影響も含めて力学的性質との関連性を調べて行く必要がある。

4 結論

- 1) 本研究で得られる粒子情報はほぼ正確なものである。しかし得られる情報は、撮影可能範囲、その倍率で見ることのできる粒径の幅に大きく依存している。
- 2) 凹凸係数FU、サイズ、針状比の三つの指標を用いて、粒子形状の定量化が計れた。
- 3) 最小間隙比は粒子形状のみの影響を受け、最大間隙比は粒子形状および粒度組成の影響を受ける。
- 4) 内部摩擦角は、粒子形状と大きさの影響を受け、粒子の大小だけでは表わせない。

謝辞：砂試料を提供していただいた龍岡・木幡先生（東京大学）、兵動先生（山口大学）、および日下部氏（奥村組）に深く感謝致します。

参考文献：1) 吉村優治・小川正二（1993）：「砂のような粒状体の粒子状の簡易な定量化法」，土木学会論文集No.463/Ⅲ・22, pp95～103

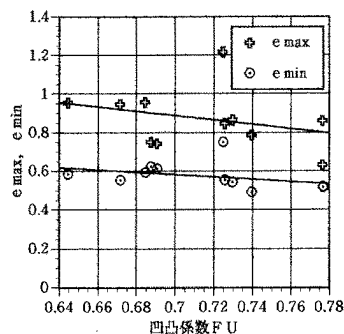


図2 FUと間隙比の関係

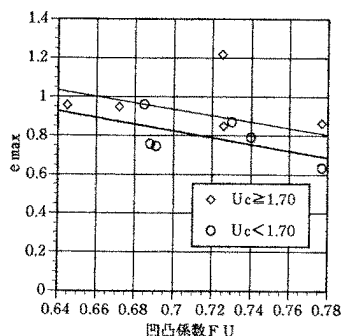


図3 FUと間隙比の関係

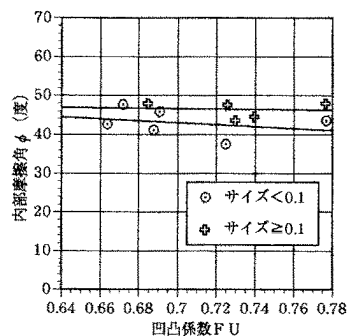


図4 FUと内部摩擦角φの関係