

粗粒土質材料の粒子形状パラメータの比較

名城大学大学院 学生員 ○姫野 圭・神谷圭吾
名城大学理工学部 正会員 板橋一雄

1. はじめに 粗粒土質材料の物理的・力学的性質に影響を与える要因の一つに粒子形状が挙げられている。著者らは、粒子形状の異なる海砂、川砂、まさ土を用い、充填実験と粒子形状の測定を行ない、粒子形状を表現するフラクタル次元と充填間隙率の間に特異な関係のあることを明らかにしている¹⁾。さらに、種々の形状パラメータを用いてKrumbeinが示した円磨度の視覚印象図の形状解析も実施してきた²⁾。ここでは、充填実験に用いた3種類の土質材料の形状解析を行ない、種々の形状パラメータの比較を行なったので、報告する。

2. 試料と形状パラメータ 用いた試料は、充填実験に用いた海砂・川砂・まさ土である。それぞれの試料採取場所は、三重県熊野市の海岸(熊野灘、鬼が城付近)、岐阜県笠松町の本曾川の川原(河口から42Km地点)、愛知県藤岡町のまさ土地帯の斜面である。採取試料は水洗いし、JIS規格ふるいでふるい分け、①粒径2.00～2.36mm、②2.80～3.35mm、③4.00～4.75mmの3種類の粒子それぞれ10個づつ、合計90粒子を用いた。なお、この粒径範囲は、JIS規格ふるい1個分に相当している。海砂、川砂、まさ土(粒径4.00～4.75mm)の代表的な粒子を写真-1に示してあるが、一見しただけで、粒子形状や表面特性の相違がわかる。しかし、こうした相違を定量的に表現することはさほど簡単ではない。現在のところ、粒子形状を表現するパラメータには種々のものが提案されているが²⁾、ここでは、フラクタル次元FD、吉村の凹凸係数FU、球形度S、細長比L、粒子中心からの距離の変動係数 δ を用い、それらの比較を行なった。

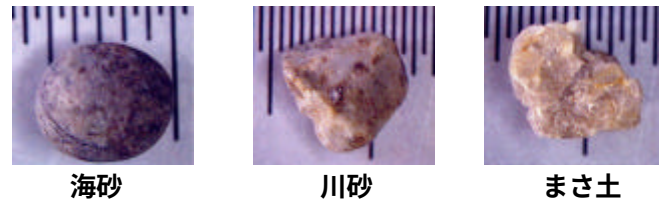
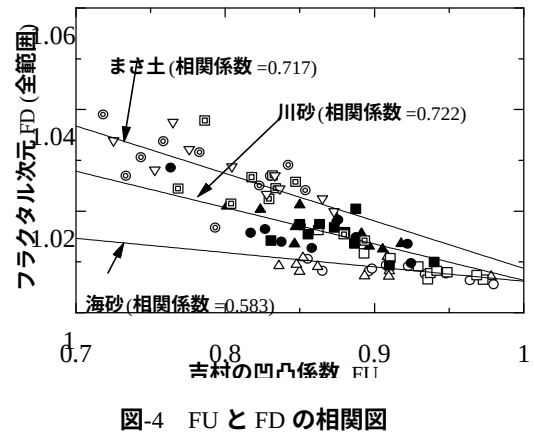
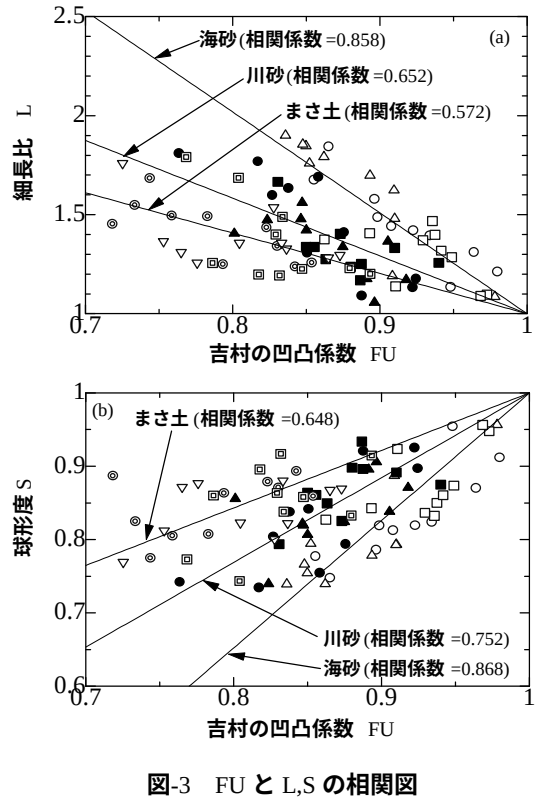
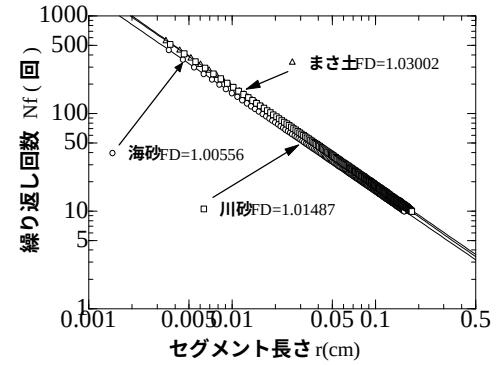
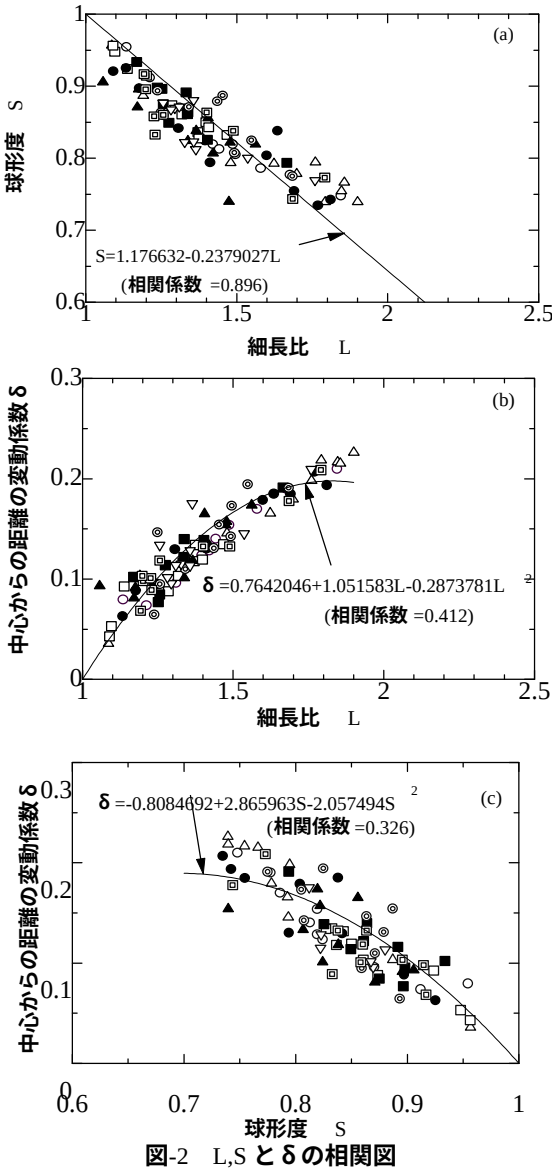


写真-1 解析に用いた代表的な粒子の写真

3. 形状データの作成と形状解析 それぞれの粒子を最も安定する向きに置き、顕微鏡で約9倍に拡大し、スケールとともに写真撮影を行なった。この写真をスキャナーにより読み取り、ビットマップデータとして保存した後、外形座標をビットマップによって読み込んだ(したがって、ここでの粒子形状は、二次元平面図形を考えることになる)。なお、スキャナーの読み取り倍率は、ふるいの粒径に反比例させ、粒径①では2倍、②では1.43倍、③では1倍とした。この結果、粒径にかかわらず一粒が5～6ビット間隔で近似でき、粒径①では約0.0024cm間隔、②では約0.0035cm間隔、③では約0.0050cm間隔でデータが作成できた。ただし、各粒子のデータ数は280～470点となったが、外形を近似した点数にこうした幅ができた原因は、個々の粒子の大きさの相違のみではなく、表面の凹凸の影響が現われたものと考えられる。最初に、「一定長さの線分集合で近似する方法」を用いてフラクタル解析を行なった。一般の粒子は、コッホ曲線のように完全に自己相似性を有してはいないので、セグメント長さや繰返し回数の範囲の取り方によってフラクタル次元FDの値が異なる。そこでここでは、繰返し回数Nf=10～600の幅広い範囲に統一した。粒子外形座標のビットマップデータを用いて、種々の粒子形状パラメータが計算できる。細長比Lは、直交する二方向の長さの比が最大になる値を取った。計算される面積と周長から吉村の凹凸係数FUを、また、同じ面積を持つ円の直径と外接する最小円の直径の比として球形度Sを計算した。さらに、粒子中心から表面までの距離の変動係数 δ も計算した。

4. 種々の形状パラメータの比較 図-1には、写真に示した3粒子のフラクタル解析の結果を示した。フラクタル次元はこの図の勾配の絶対値であるが、粒子形状や表面凹凸の程度がこの値の相違によって現われている。図-2には、細長比L、球形度Sと距離の変動係数 δ との相関図を示した。これらの三者の間には、材料の種類、粒径に関係無く、ほぼ一定の関係が認められる。また、これらの関係は、Krumbeinの視覚印象図の解析結果とほぼ一致している²⁾。これらの図から、三者の形状パラメータは粒子形状の概略の形状を表現しており、「細長いものは丸
キーワード：粗粒土、粒子形状、フラクタル次元、球形度、細長比 連絡先：名城大学理工学部建設システム工学科(〒468-8502 名古屋市中白区塩釜口1-501, Tel.052-832-1151, itabashi@meijo-u.ac.jp)

くない」という当然の結果が現われたものと考えられる。図-3には、吉村の凹凸係数FUと細長比L、球形度Sとの相関図を示した。図-2で明らかなように、LやSには、材料や粒径による違いが現われないので、材料による吉村の凹凸係数FUの相違が図上に現われており、三者の材料を区別するためには、LやSよりもFUが有効なことがわかる。また、特に丸い海砂の場合には、相関性の高い関係が認められ、まさ土の場合にはばらつきが大きく相関性が認められない。さらに図-4には、吉村の凹凸係数FUとフラクタル次元FDとの関係を示した。数例を除けば、FUが同一でも三者の材料でFDに明確な相違が現われており、FUよりもFDがさらに有効であることがわかる。



5. まとめ 3種類の粗粒土質材料の粒子形状解析を行ない、種々の形状パラメータで評価した。三者の材料を区別するには、細長比Lや球形度Sよりも吉村の凹凸係数FUやフラクタル次元FDの方が有効であることがわかった。

参考文献 1) 姫野圭・神谷圭吾・板橋一雄: 粒状体の粒子形状と充填特性、第36回地盤工学研究発表会(投稿中)、2001. 2) 神谷圭吾・姫野圭・板橋一雄: 種々の粒子形状パラメータによるKrumbeinの視覚印象図の評価、土木学会第56回年次学術講演会(投稿中)、2001.