

木曾三川砂の粒子形状について

岐阜工業高等専門学校 正会員 吉村優治
同 上 学 生 ○鈴木義仁

1. はじめに

土の物理的性質は、土粒子の密度試験、粒度試験、最大・最小密度試験等から求められる。特に粗粒土においては、粒度試験から得られる平均粒径、有効径、均等係数等は、密度、透水性、せん断強さ等の諸性質に大きく関係しており工学的分類に用いられている。また粗粒土については粒子の形状も重要な物理的性質であると考えられるが個々の粒子の粒径の定量化の作業が煩雑であり、粒子形状に関する試験法は規準化されていない。

本研究は筆者ら¹⁾の提案している簡単な方法で木曾三川水系から採取してきた約120種類の試料の形状を定量化し、その結果に若干の考察を加えたものである。

2. 粒子形状の定量化

これまでに、粒状体の粒子形状の定量化は種々の目的に応じて行われてきた。ここではその代表的な方法を紹介し、本研究で用いた形状係数について簡単に説明する。

礫のように比較的大きな径の粒状体については、粒子の中に互いに直角方向に伸びる3つの軸、長径、中径、短径を考え、それらの比からその形を分類するZingg²⁾の方法があり、コンクリート骨材の分野でよく用いられている。Wadellの提案³⁾したroundnessは、粒を影絵的に表し、全ての突起部に内接する円の半径の平均を内接する最大円の半径で除した値である。また、Lees⁴⁾は砕石のように尖った角が多い場合に、一つの角の角張り度合を表す指標としてangularityを考えた。しかし、これらの形状係数は個々の粒径が小さい砂のような場合には、不可能に近い定量化の作業がかなり煩雑であり、しかも定量化の際に個人誤差が入りやすいなどの問題点が多く実用的ではない。

土質工学の分野で粒状体の形状の影響に関する系統的な研究を行う場合、まず形状の定量化が比較的簡単であり、しかも個人誤差が入りにくい、その形状を表す係数が取扱い易い数値であること、自然にある砂の形状の違いを適切に表現できることが必要であろう。そこで本研究では、筆者ら¹⁾が提案している凹凸係数FUを用いる。以下に、図-1の投影された粒の模式断面図を用いて定量化の考え方を簡単に述べる。

粒子周辺の凹凸の度合いが増すと、撮影断面の外周長 ℓ が長くなり断面積 a との比は大きくなるので、その無次元量を $f = a / \ell^2$ で示した。この形状係数は円の場合に最大となり、例えば円の半径を R とすれば、 $f_c = \pi R^2 / (2\pi R)^2 = 1 / (4\pi)$ となる。ここで凹凸係数FUはこの両式の比をとって、

$$FU = f / f_c = 4\pi a / \ell^2$$

で定義した。このFUは粒が完全球（投影断面が円）の場合に1.0で、凹凸の度合いが激しくなる程小さくなる。粒子形状とFUの関係を視覚的に判断する参考に、写真-1に典型的な粒状体の写真とそのFUを示した。

3. 木曾三川砂の形状について

木曾三川水系から採取した試料について、FUを測定

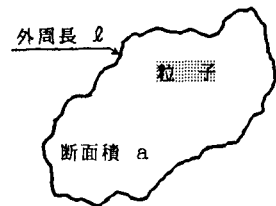


図-1 粒の模式断面図

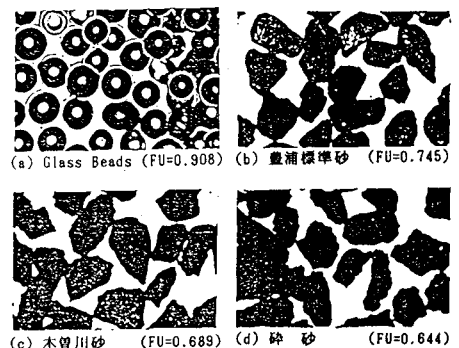


写真-1 典型的試料の光学顕微鏡写真

500 μm

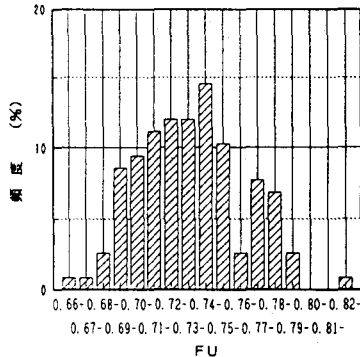


図-2 FUの頻度分布

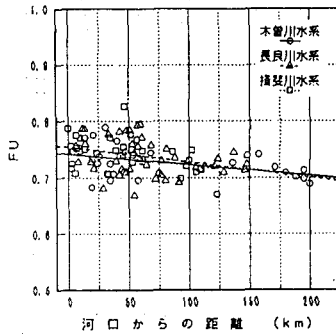


図-3 FUと河口からの距離との関係

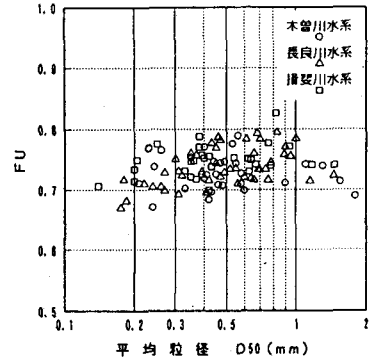


図-4 FUと平均粒径D₅₀との関係

をしたところ0.66~0.83程度であった。図-2はこれらの砂のFUの頻度分布を示したものであり、その分布は正規分布に近い形であった。また、河川によるFUの顕著な差は見られなかった。

図-3はFUと河口からの距離との関係を各河川毎に記号分けて示したものである。図より水系による有意の差は見られず河口からの距離が長くなるほど、つまり河床勾配が大きくなるほどFUは小さくなると言える。

図-4はFUと平均粒径D₅₀の関係を示したものであり、両者にはばらつきはあるもののD₅₀≒0.7mmを凸とした関係が見られる。すなわち砂屑性堆積物は運搬作用によって粒径が小さくなり形状を丸くすると考えられるが、この図から粒径が大きても小さくてもFUは小さい、すなわち粒子表面凹凸の大きいことがわかる。

河口に近づくにしたがって河床勾配が小さくなり流速を減ずるから、粒径の小さなものが堆積するようになる。こうした運搬に伴って粒形も丸くなるはずであるが、粒径が小さくなる、あるいは粒形が丸くなるのは、粒子と河床堆積物および粒子間の衝突によるものであるため、粒径が小さくなるとこの衝突力も小さくなるので、水中で粒子が割れたり欠けたりする限界衝突力を生じる粒径は0.7mm程度であると推測できる。Mizutani and Suwa⁵⁾は砂漠砂のroundness(6分類)と粒径の間に図-5に示すような関係を得ており、両者には図-4と同様に粒径0.5mmを凸とした関係が見られる。これは、砂漠砂では限界衝突力を生じる粒径が0.5mm程度であり、粒径が同じなら水中よりも空中の方が衝突力大きい。

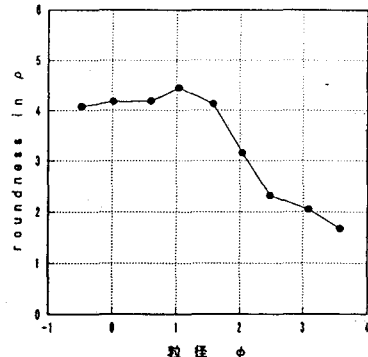


図-5 roundnessとφとの関係

4. おわりに

本研究において約120種類の木曾三川砂の粒子形状を定量化し、FUが極めて簡単に計測できることを確認できた。また、このFUと河口からの距離、粒径には一定の関係があることが明らかになった。今後は粒子形状と密度特性の関係なども明らかにしたい。

謝 辞 本研究を行うにあたり、長岡技術科学大学建設系小川正二教授、杉本光隆助教授、岐阜大学教育学部梶田澄雄教授には有益な御助言と御指導をいただきました。ここに、感謝の意を表する次第です。

参考文献 1)吉村優治・土居正信・小川正二：砂の粒子形状の新しい定量化法、新しい土の物理試験方法に関するシンポジウム発表論文集、土質工学会、1992.3(印刷中) 2)Zingg, Th.: Beiträge zur Schotteranalyse, Min. Petrog. Mitt. Schweiz., 15, pp.39~140, 1935. 3)Wadell, H.A.: Volume, Shape and Roundness of Rock Particles, Jour. Geol., Vol.40, pp.443~451, 1932. 4)Lees, G.: A New Method for Determining the Angularity of Particles, Sedimentology, 3, 1964. 5)Mizutani, S. and Suwa, K.: Orthoquartzitic Sand from the Libyan Desert, Egypt, The Journal of Earth Sciences, Nagoya University, Vol.14, pp.137~150, 1966.