

III-A 38 粒子形状に基づいた粒状体の内部摩擦角の推定法

岐阜工業高等専門学校 正会員 ○吉村優治
名古屋工業大学 正会員 松岡 元

砂のような粒状体の工学的特性は、土粒子の材質、粒度組成、粒子形状などの一次性質、あるいは密度、含水量、骨組構造などの二次性質によって決定されると言われている¹⁾。筆者らはこれまでに、せん断中の粒子破砕が無視できるような応力レベルにおいては、粒状体の内部摩擦角は粒子寸法や粒度分布、材質にほとんど影響を受けず、粒子形状の影響が極めて大きいこと^{2), 3)}など、さらに同程度の詰まり具合（相対密度 D_r ）であれば粒子形状のみから内部摩擦角の推定が可能であること^{4), 5)}などを報告してきた。

本報告では、筆者ら⁶⁾の提案している粒状体の粒子形状を表す凹凸係数 FU とこれまでに粒状体の形状の評価に用いられてきた視覚印象図^{7), 8)}との関係、および粗粒材料や球、正三角錐などの特殊な形の金属材料を含む粒状体の中密状態の内部摩擦角 ϕ_d と FU の関係を示し、粒子形状から粒状体の内部摩擦角を推定する方法について述べる。

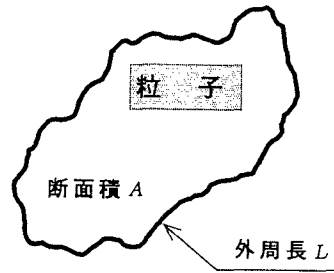


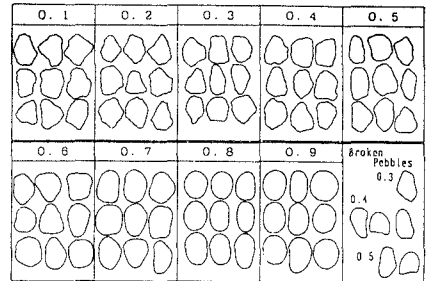
図-1 粒子の投影断面模式図

1. 粒子形状を表す凹凸係数 FU ⁶⁾

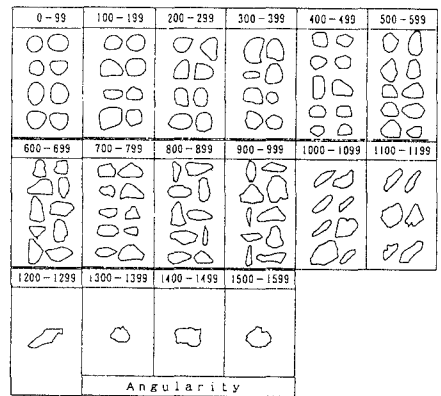
凹凸係数 FU (the coefficient of form unevenness) は図-1に示す粒子投影断面の外周長 L 、断面積 A の形状係数 $f = A / L^2$ を円の形状係数 $f_c = 1 / (4\pi)$ で除した係数で、 $FU = f / f_c = 4\pi A / L^2$ で示され、完全球の場合に1.0であり凹凸の度合いが激しくなるほど小さくなる係数である（正三角錐の投影断面は正三角形であるので $FU = 0.605$ ）。

2. 視覚印象図と凹凸係数 FU の関係

Krumbein⁷⁾ は Wadell の提案した粒子の円磨度を表す指標 roundness を、Lees⁸⁾ は碎石のように尖った角の形状を表現する angularity を視覚的に読み取れる図-2のような印象図を作成した。その図と試料の粒子断面を比較することによって粒子形状を概略定量化することができる。ただし、その定義から roundness は角が尖っている粒子を、angularity は丸い粒子を評価できない。これに対して FU は粒子断面の外周長と断面積のみから決定できるので、角が尖っていても、丸くても評価できる。図-3 (a) は、図-2 (a) 中の $R = 0.1 \sim 0.9$ とそれに対応する視覚印象図中の個々の粒子の FU の平均値との関係を示したものである。図-3 (b) は、図-2 (b) 中の $A = (0-99) \sim (1100-1199)$ とそれに対応する視覚印象図中の個々の粒子の FU の平均値との関係を示したものである。したがって、凹凸係数 FU は計測を行わなくても、若干の個人誤差は生じるものの、図-2, 3 の関係から容易に決定できる。



(a) roundness R



(b) total degree of angularity A

図-2 Krumbein および Lees の視覚印象図

3. 内部摩擦角と凹凸係数 FU の関係

図-4⁵⁾は、金属材料（球 $FU = 1.0$ ～正三角錐 $FU = 0.605$ ）を含む種々の粒状体の三軸圧縮試験結果およびロックフィル材の大型三軸試験結果の中密状態（ $D_r \approx 50\%$ ）での内部摩擦角 ϕ_d と凹凸係数 FU の関係を示したものである。 ϕ_d と FU の間には比較的良好な直線関係が見られる。同図はせん断試験を行わないで粒状体の ϕ_d を粒子形状からある程度推定できることを示すものである。

本報告では、

- 1) これまでしばしば用いられてきた視覚印象図と粒状体の粒子形状を表す凹凸係数 FU の関係を示した。
- 2) 中密状態での粒状体の内部摩擦角 ϕ_d と FU の関係を示した。
- 3) 1)と2)の関係より、図-2 (a), (b) の視覚印象図から中密状態での ϕ_d を推定する可能性を示した。

参考文献

- 1) 三笠正人：土の工学的性質の分類表とその意義，土と基礎，Vol. 12, No. 4, pp. 17～24, 1964.
- 2) 吉村優治・小川正二：粒状体の間隙比およびせん断特性に及ぼす一次性質の影響，土木学会論文集，No. 487/Ⅲ-26, pp. 99～108, 1994. 3.
- 3) 吉村優治：砂のような粒状体の粒子形状と一次性質，二次性質に関する研究，長岡技術科学大学博士(工学)学位論文，1994. 3.
- 4) 吉村優治・松岡 元：粒子形状による粒状体の内部摩擦角の推定，土木学会第50回年次学術講演会講演概要集(Ⅲ)，pp. 322～323, 1995. 9.
- 5) 吉村優治・松岡 元：粒状体の内部摩擦角と粒子形状の関係，第31回地盤工学研究発表会発表講演集，1996. 7.
- 6) 吉村優治・小川正二：砂のような粒状体の粒子形状の簡易な定量化法，土木学会論文集，No. 463/Ⅲ-22, pp. 95～103, 1993. 3.
- 7) Krumbein, W.C. : Measurement and Geologic Significance of Shape and Roundness of Sedimentary Particles, J.Sed. Petrol., 11, pp. 64～72, 1941.
- 8) Lees, G. : A New Method for Determining the Angularity of Particles, Sedimentology, 3, 1964.

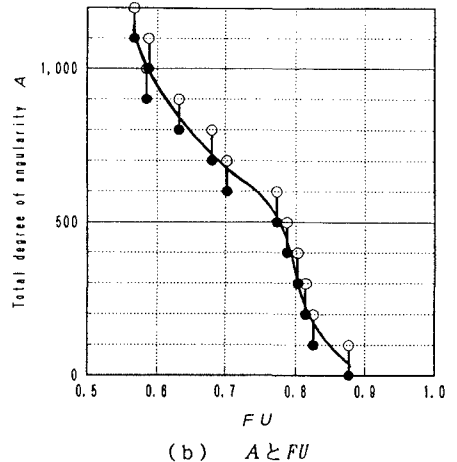
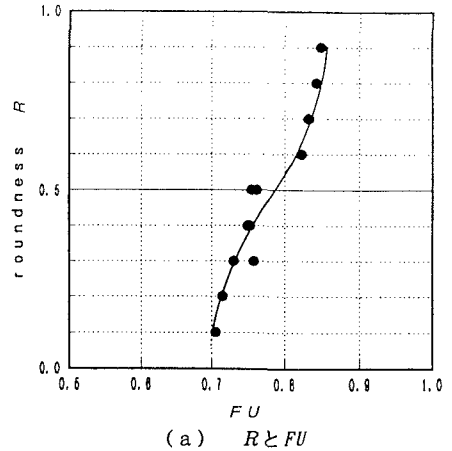


図-3 視覚印象図の R および A と FU の関係

