

(V-3) 粒子のレーザー顕微鏡による形状係数測定の正当性

足利工業大学工学部 学生会員 鄭 仁 沢

同 上 正 会 員 黒井登起雄

同 上 正 会 員 宮澤伸吾

1. はじめに

近年は、高炉スラグ粉末、石灰石微粉末の有効利用、砕石ダストの有効活用など、微粒子の形状特性の重要度が増大している。そこで、著者らは、細骨材、セメント系材料などの粒子形状の定量的評価法を確立することを進めている。本研究では、粒子のレーザー顕微鏡の画像解析による測定パラメータの正当性を標準サンプル（球形）によって検証するとともに、フライアッシュ、高炉スラグなどの形状評価を検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料および取得方法

(1) 観察試料：観察試料は、画像解析による測定パラメータの検討の場合、主に標準サンプル（形状；球形）を使用した。また、形状評価においては、フライアッシュ（球形）、高炉スラグ、再生細骨材なども用いた。

(2) 画像の取得方法：画像観察は、レーザー顕微鏡による試料の二次元画像を取得して行なった。観察試料（標準サンプルを除く）は、約5gをビーカー内で約10ccのエタノールに溶解、攪拌して準備したのち、サンプルをスポイトで1滴ガラス板上に落として観察した。標準サンプルは、そのまま観察した（図-2）。レーザー顕微鏡観察の要因と水準は、Light (Min.、1、2、3)、Power (0.3、1、3、10、30、100%)、Zoom (1.0、1.5、2.0倍)、レンズ倍率 (10、50、100倍) とした。1回の観察は3～5個とし、繰返し10回観察して必要なデータを取得した。

2.2 実験方法（画像解析方法）

レーザー顕微鏡で取得した画像は、IMCの画像解析ソフト（NIH Image と scion Image）によって解析した。粒子形状を表す画像解析パラメータは、投影断面の断面積A、断面の周囲長L、断面積と等しい面積の楕円の長径（ML）、短径（MW）とし、解析パラメータから計算される形状係数は、「凹凸丸さ度」と、「針状度」の2種類とした（図-1）。「凹凸丸さ度」および「針状度」は、次式で計算され、それぞれ次のような粒子の形状特性を表している。

凹凸丸さ度 $= L^2 / 4\pi A$ （投影断面が滑らかな円のときに1.0で、凹凸が激しくなると値が大きくなる）

針 状 度 $= ML / MW$ （投影断面が円のときに1.0で、形状が細長いと値が大きくなる）

線 分	正三角形	正方形	円
←	△	□	○
∞	1.66	1.27	1.0
←			
∞	1.15	1.0	1.0

凹凸丸さ度

針 状 度

図-1 凹凸丸さ度および針状度の概念図

図-2 標準サンプル（10倍）
解析画像

キーワード； 粒子形状、レーザー顕微鏡、画像解析、細骨材、セメント系材料

連絡先； 〒326-8558 足利市大前町 268-1 TEL 0284-62-0605 FAX 0284-64-1061

3. 実験結果および考察

表-1は、レーザー顕微鏡観察の際の要因（Light、Power、Zoom、レンズ倍率）変化による凹凸丸さ度を示したものである（標準サンプルの場合）。また、図-3～図-6は、要因毎の凹凸丸さ度および針状度の変化の詳細を示した一例である。図-3～図-6より、形状係数を表す凹凸丸さ度および針状度は、Zoom およびレンズ倍率の変化によって変わる傾向がある。すなわち、レンズ倍率が 50 倍以上の場合には、投影断面が円形（形状係数 1.0）の凹凸丸さ度および針状度の値が大きくなったり、小さくなったりするが、レンズ倍率を 10 倍に設定し解析するした場合に、比較的良好な形状係数を得ることができると思われる。また、Zoom が 1.5 以上場合も同様の傾向が認められる。逆に視覚的に形状を判断する場合には、zoom とレンズ倍率を上げて取得した粒子の投影画像から判断するほうが有効的と考えられる。

また、フライアッシュの形状は、画像データにおいて球形（投影断面が円形）で、形状係数を表す凹凸丸さ度も 1.0 に非常に近い値を示した。しかし、その他高炉スラグの観察試料の投影画像は、凹凸が激しい複雑な形状を示しているが、レンズ倍率、Zoom など画像取得時の観察条件を調整することによって、誤差を小さくすることができ、比較的良好な形状係数が得られた。特に再生細骨材などは良好であった。

条件		凹凸丸さ度
Light(顕微鏡の光の強度)	Min～3	1.028～1.0245
Power(レーザーの透過率)	0.3～100	1.032～1.025
Zoom(取得画像のズーム倍率)	1～2	1.028～1.096
レンズ倍率(対物レンズの倍率)	10～100	1.028～1.41

表-1

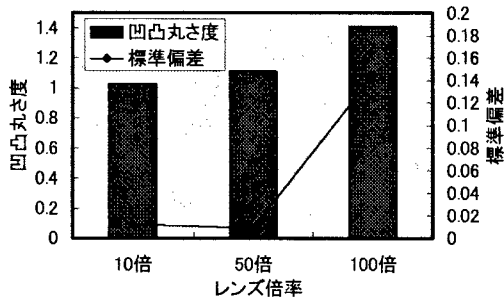


図-3 レンズ倍率と凹凸丸さ度、標準偏差

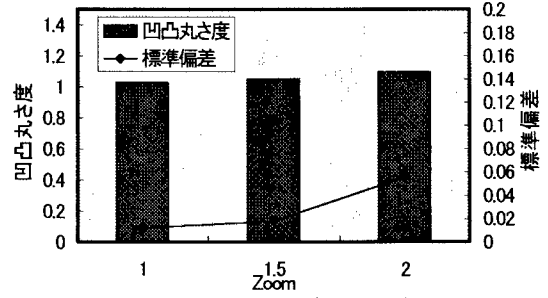


図-4 Zoomと凹凸丸さ度、標準偏差

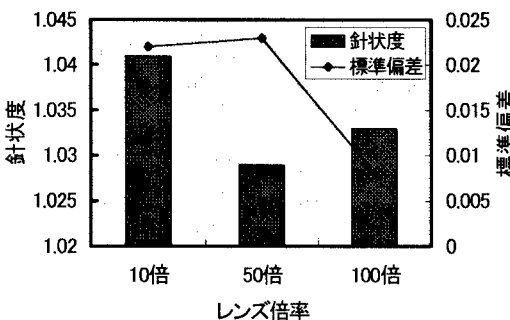


図-5 レンズ倍率と針状度、標準偏差

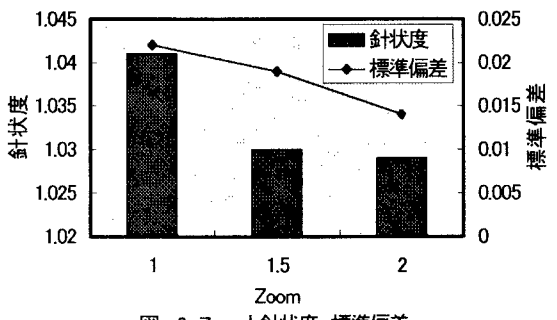


図-6 Zoomと針状度、標準偏差

4. まとめ

レーザー顕微鏡による画像解析は、細骨材、セメント系などの粒子形状の定量的評価するに有効である。今後、各種の形状の標準サンプルなどを使って形状係数の正当性をさらに検討する必要がある。