

粒子形状のレーザー顕微鏡による定量的評価について

足利工業大学大学院 学生会員 鄭 仁 沢
足利工業大学工学部 正 会 員 黒井 登起雄
同 上 正 会 員 宮澤 伸吾

1. はじめに

近年、碎石ダスト、再生細骨材微粉、各種スラグ（高炉スラグ粗粉、銅スラグなど）など産業副産物のコンクリートへの有効利用が進められている。そこで、著者らは、これらのコンクリートの性質評価に微分の形状の把握が重要と考え、画像解析による粒子形状の定量的評価法の有効性を検討してきた。本研究は、レーザー顕微鏡の画像解析による粒子の形状係数の妥当性を主に標準サンプルによって検討したものである。

2. 実験概要

2.1 試料 試料は、主に標準サンプル（粒径 0.008mm～0.015mm の球形）を用い、その他の試料としてセメント系微粉（フライアッシュ、高炉スラグ A 〈平均粒径；12 μm〉、高炉スラグ B 〈平均粒径；42 μm〉）と骨材系粒子（再生細骨材〈粒径；0.15mm 未満の〉川砂、砕砂〈いずれも粒径 0.15mm～0.3mm〉）を用いた。

2.2 試料のサンプリング 試料の画像観察に際し、観察試料は、試料を約 10cc のエチルアルコールに溶解、攪拌して準備し、スポイトで 1 滴ガラス板の上に乗せたものを用いた。

2.3 試料の画像取込みの設定条件と方法 レーザー顕微鏡による画像取込みの設定条件は、表-1 に示す Light (Min～3)、Power (0.3～1)、Zoom (1～1.25 倍) およびレンズ倍率 (10～100 倍) とした。標準サンプルの画像取込み方法は、① 1 個ずつ 20 回繰返す、② 5 個ずつ 4 回繰返す、③ 10 個ずつ 2 回繰返す、④ 20 個 1 回の 4 種類（全画像取込みサンプル数 20 個）とした。取込み画像のエリアは、図-1 に示すように、エリア 1、2、3 を設定した。また、セメント系および骨材系微粒子の画像取込みは、最適な条件設定の検討結果に基づいて行った。

2.4 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、投影断面の周囲長 L、A と等しい断面積の楕円の長径 (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¹⁾。計算式は以下に示すとおりである。

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)

3. 実験結果および考察

表-1 は設定条件を変えたときの試料の測定した形状係数を示した。表-2, 3 は形状係数 (標準サンプル)

表-1 顕微鏡の設定条件と形状係数の変化 (標準サンプル)

条 件		凹凸丸さ度(範囲)	針状度(範囲)
Light (顕微鏡の光の強度)	Min～3	1.028～1.0245	1.047～1.056
Power (レーザーの透過率)	0.3～100	1.032～1.025	1.041～1.055
Zoom (取得画像のズーム倍率)	1～2	1.028～1.096	1.038～1.054
レンズ倍率 (対物レンズの倍率)	10～100	1.028～1.41	1.027～1.056

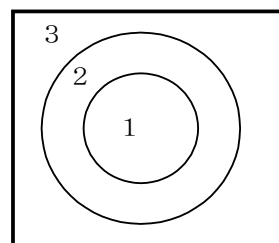


図-1 取込みエリア

キーワード；標準サンプル、粒子形状、レーザー顕微鏡、画像解析、微粉
連絡先；足利市大前町 268 - 1 TEL 0284-62-0605 FAX 0284-64-1061

に及ぼす取り込み方法と取り込みエリアの影響である。そこで、同じサンプル試料 20 個を取るために取り込み方法 4 (図 - 3) のほか、サンプルの凹凸丸さ度、針状度が 1.0 に近いし、それらの変動係数が 5% 以下で、円形として標準サンプルの粒子形状をよく表現できると考えられる。次に、取り込みエリア 3 (図 - 4) のほか、エリア 1、2 の凹凸丸さ度、針状度も 1.0 に近いし、それらの変動係数が 5% 以下でほとんど変化がなかった。取り込み方法と取り込みエリアを組み合わせると観察試料が多いと取り込みエリアも広がるから上記のエリアの影響を受けると考えられる。また取り込み時個数が多くと解析する時、多数の試料輪郭を同時に決めて面積と周囲長などを計算するため、各データの偏差が大きくなって、形状係数の値の誤差が大きくなると考えられる。

表 - 1 の最適設定条件の結果から見ると、標準サンプルの形状係数はレンズ倍率 (図 - 5) のほかの因子の変化がほとんど見られなかった。そして図 - 6 からフライアッシュ (球形に近い) の凹凸丸さ度が 1.0 に近似した値となって、他の微粉および細骨材はそれぞれ凹凸の激しい形状を示した。上記の標準サンプルと各試料の取り込み設定も、表 - 2、3 の最適なエリアと取り込み方法に当たった。

表-2 形状係数に及ぼす取り込み方法の影響

取り込み方法	凹凸丸さ度 (20個の平均値)	変動係数 (%)	針状度 (20個の平均値)	変動係数 (%)
1	1.034	1.3	1.036	2.4
2	1.045	3.6	1.029	2.0
3	1.066	2.3	1.051	2.7
4	1.092	3.2	1.085	8.2

表-3 形状係数に及ぼす取り込みエリアの影響

取り込みエリア	凹凸丸さ度 (3回平均値)	変動係数 (%)	針状度 (3回平均値)	変動係数 (%)
1	1.049	2.1	1.049	2.6
2	1.042	1.5	1.035	1.6
3	1.059	2.4	1.091	6.2

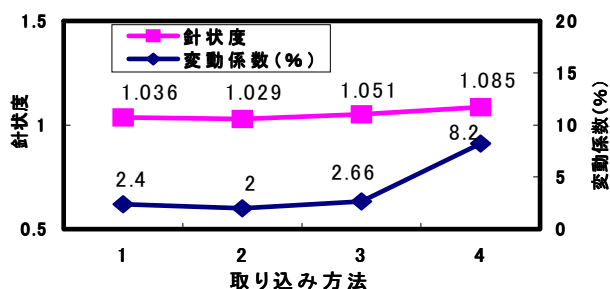


図-3 取り込み方法と針状度、変動係数の関係

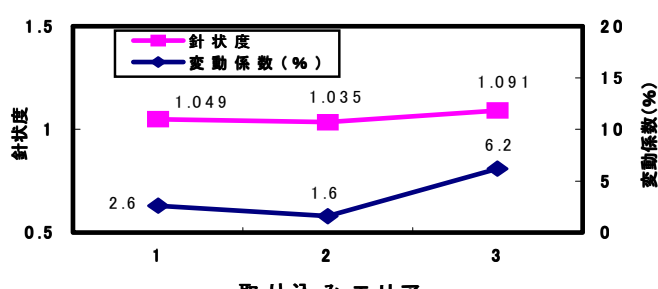


図-4 取り込みエリアと針状度、変動係数の関係

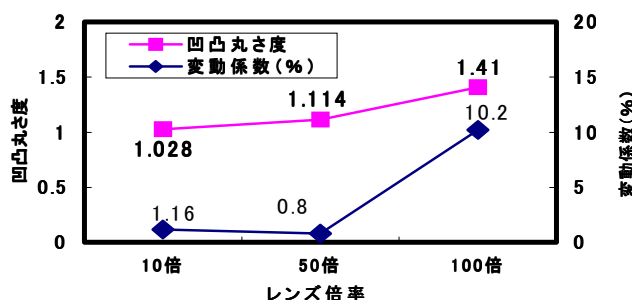


図-5 レンズ倍率と凹凸丸さ度、変動係数の関係

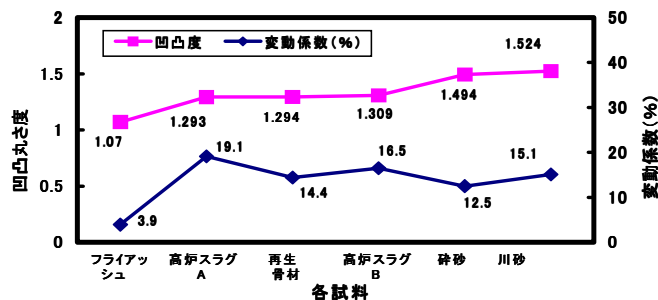


図-6 各試料の凹凸丸さ度および変動係数

4. まとめ

今度の最適取り込み方法とエリアの結果とレーザー顕微鏡のパラメータの最適設定した条件結果と組み合わせた条件で粒子を観察すれば粒子形状を比較的容易に評価して個人誤差も減少できると考えられる。

今後、レーザー顕微鏡による粒子の定量的評価法を文書化して、その正当性を確かめるとともに、もっと正確化する必要がある。

【参考文献：】1) 鄭仁沢他：粒子のレーザー顕微鏡による形状係数測定の正当性、土木学会第 28 回関東支部技術研究発表会演講概要集, pp. 650 - 651 (2001.3)