

(V-70) 各種細骨材のレーザー顕微鏡による粒子形状評価

足利工業大学工学部 ○学生会員 鄭 仁沢

足利工業大学工学部 正会員 黒井登起雄

足利工業大学工学部 正会員 宮澤 伸吾

1. まえかき

近年、コンクリート用細骨材は、川砂の枯渇に伴って砕砂、海砂、山砂、陸砂などが多く使用されるようになってきている。また、高炉スラグ、フェロニッケルスラグ、銅スラグなど産業副産物も JIS 化され (JIS A 5011「コンクリート用スラグ」、一部ローカルな地域で使用されている。多様化した細骨材の密度、吸水率は、JIS A 1109「細骨材の密度および吸水率試験方法」に従って行なわれている。しかし、多様な細骨材の場合、JIS 規格の方法では、細骨材粒子の角張り、細長、凹凸、窪みなどが表乾状態の判定に影響すると考えられ、正確な密度、吸水率が求められないとも云われている¹⁾。そこで、本研究では、レーザー顕微鏡を用い、粒径毎の粒子形状係数を測定し、細骨材の形状係数の評価方法を検討するとともに、各試験方法における密度、吸水率に関する資料を得ることを目的とした。

2. 実験の概要

本研究(実験)では、細骨材の表乾状態の判定に対する各試験方法の適用範囲(適用限界)の検討のための資料を得ることを目的に、現在わが国において主に使用されている各種産地、銘柄のコンクリート用細骨材を対象として粒径毎(ふるい目の呼び寸法で分別)の粒子の形状係数をレーザー顕微鏡によって定量的に測定する。

2.1 細骨材試料および器具

(1) 細骨材(日本各産地、銘柄): 細骨材試料は、以下の16種類を選出し、形状測定を行った。

①鬼怒川産川砂(kks)、②西岩崎地内産川砂(ksn)、③大谷川(今市市)産川砂(kso)、④葛生産砕砂(kss)、⑤佐野市産砕砂(sss)、⑥今市市産陸砂(丘砂 oks)、⑦那珂川産陸砂(rks)、⑧栃木市産陸砂(rst)、⑨鬼怒川産陸砂(rsg)、⑩黒磯市産陸砂(rsk)、⑪西那須野町産陸砂(rsn)、⑫福岡産海砂(ums)、⑬葛西産再生細骨材(ssk)、⑭銅スラグ細骨材(CUS2.5日鉦佐賀関製-tsa)、⑮銅スラグ細骨材(CUS1.2日鉦佐賀関製-tsb)、⑯フェロニッケルスラグ細骨材(太平洋金属<株>製<電炉風碎>-fns)

(2) 器具と解析ソフト: 以下の器具および解析ソフトを用いた。

共焦点レーザー走査蛍光顕微鏡<BIO-RAD laboratories 社製>、ガラス板(80mm×80mm)、ピーカー、エチルアルコール、JIS標準ふるい、試料瓶、NIH Image (Mac 専用)、SCIN Image (Windows 専用)

2.2 実験方法

各種細骨材は、JIS A 1102「骨材のふるい分け試験方法」に従って、5~2.5mm、2.5~1.2mm、1.2~0.6mm、0.6~0.3mm、0.3~0.15mm、0.15~0.075mm、0.075mm未満の7段階にふるい分け、試料瓶に準備した。各細骨材試料のうち2.5~0.15mmの4種類の粒径範囲の試料(観察試料)は、粗い粒径であるので、試料瓶からさじでとって直接ガラス板の上に載せて観察した。また、粒径0.15mm未満の2種類の粒径は、試料を約10ccのエチルアルコールに溶解、攪拌して準備し、スポイトの1滴をレーザー顕微鏡のガラス板の上に載せ観察した。なお、試料の重さにより分離するため、よく攪拌した試料をピーカーの上部と下部から採取して観察するようにした。レーザー顕微鏡による観察は、試料のうちの、2.5~0.3mmの4種類の粒径を4倍レンズ、0.3~0.075mmと0.075mm未満の3種類の粒径を10倍レンズで行った。また、4倍レンズによる形状係数を確認するため、ステンレス球(粒径が1mmの球形サンプル)を用いて、4倍と10倍レンズでそれぞれ同一サンプルによる測定検証を行った。観察個数は各粒径毎に20個ずつとした。形状係数は「凹凸丸さ度= $L/2/4\pi A$ 」と「針状度=Major/miner」で表し、粒径毎の平均値から算出した²⁾。(ここで、L: 周囲長、A: 断面積、Major: Aと等しい面積の楕円の長径、miner: Aと等しい面積の楕円の短径) なお、5~2.5mmの粒径は今回顕微鏡の限界のため測定することができなかった。

キーワード: 細骨材、レーザー顕微鏡、粒子形状、凹凸丸さ度、針状度

連絡先: 〒326-8558 栃木県足利市268-1 TEL 0284-62-0605 FAX 0284-64-1061

3. 実験結果と考察

表-1 は、ステンレス球を用いた形状係数の検証結果を示す。表-1 により、同一球形サンプル（粒径：1 mm）に対して、4 倍レンズの場合の凹凸丸さ度および針状度は、1.13 および 1.06 で、良好な結果が得られたと考えられる。しかし、10 倍レンズの場合、凹凸丸さ度がかなり大きい結果を示した。針状度は 4 倍と 10 倍両方とも、精度が高かった。

表-1 ステンレス球（球形サンプル）の形状係数結果

レンズ倍率	凹凸丸さ度	変動係数(%)	レンズ倍率	針状度	変動係数(%)
4 倍	1.13	1.06	4 倍	1.01	0.40
10 倍	1.54	7.99	10 倍	1.03	0.97

図-1 および図-2 は、16 種類の細骨材の凹凸丸さ度および針状度の測定結果を示す。

図-1 より、川砂、陸砂、海砂の凹凸丸さ度は、1.30～1.38 の範囲で、ほぼ近い丸さを持っているが、とくに海砂は丸みを持っているようである。砕砂は 1.35～1.38 で若干大き目の丸さ度を示すが、他の川砂等とほとんど変わらない。また、再生細骨材（ssk）の凹凸丸さ度は、1.32 で、製造時の粉碎の影響を強く受けているようで若干小さくなっている。銅スラグ細骨材（tsa, tsb）およびフェロニッケルスラグ細骨材もそれぞれ製造過程の影響が凹凸丸さ度に表れ、銅スラグが若干大きく、またフェロニッケルスラグは、球状の特徴が強く表れている。

図-2 より、川砂、陸砂、海砂、砕砂、再生細骨材、銅スラグ細骨材およびフェロニッケル細骨材の針状度は、凹凸丸さ度に比べ、かなり違いが認められる。例えば、陸砂の値は 1.35～1.47 で違い大きく、海砂は、1.39 で丸みを持つており、砕砂の針状度は、1.46 および 1.48 で、かなり細長い形状を示すようである。また、銅スラグ細骨材は、1.42 および 1.50 で、製造時の粉碎の影響で針状度の違いが大きい。フェロニッケルスラグ細骨材は、球形に近い種類のもの

であるため、針状度が 1.31 で、他の細骨材よりも著しく小さい値を示した。

以上より、細骨材の形状係数は、その製造過程の影響を受けているため、かなり違いの表れることが明らかになった。なお、今後は、細骨材の形状係数（凹凸丸さ度および針状度）の算定方法を詳細に検討する必要がある。すなわち、細骨材の種類毎に測定粒径の平均値で表すのが適切か、それとも粒径毎の個々の値で表すのが適切かを検討する必要がある。

4. まとめ

種類の異なる 16 種類の形状係数を測定した結果、凹凸丸さ度は、骨材の種類毎の違いが値に表れず、約 1.3～1.4（球形状の fns を除く）の範囲で、変動係数 5% 以下で測定できるが、針状度は、細骨材の種類によってかなり大きな差が表れ、変動係数 5% 以上のものもかなりあることが明らかになった。今後は、針状度を粒径毎に評価する必要がある。

参考文献：

- 1) 黒井, 宮澤, 松村, 鄭; 減圧吸水法による細骨材の密度測定に及ぼす微粒分の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.22, No. 2, pp265～pp270, 2000.6
- 2) 鄭, 黒井, 宮澤; 粒子形状のレーザー顕微鏡による定量的評価について, 第 56 回年次学術講演会講演概要集, V14, pp.650～651, 2001.10

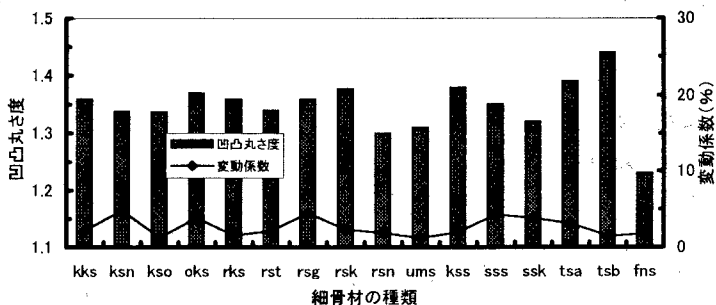


図-1 各種細骨材の凹凸丸さ度の測定結果

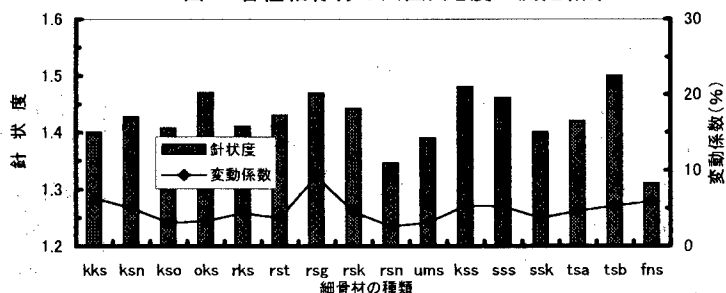


図-2 各種細骨材の針状度の測定結果