

粒子形状評価と拘束水比に関する基礎的研究

和歌山工業高等専門学校 正会員 中本純次

同 上 正会員 三岩敬孝

同 上 正会員 戸川一夫

1. まえがき

本研究は、近年開発されている画像解析システムを利用して、骨材ならびに粉体の形状評価に関する基礎的な資料を得ることを目的とするものである。さらに、コンクリートの流動特性に大きな影響を与えるペーストに着目して、各種粉体の拘束水比および変形係数に与える粉体種類の影響を形状評価と関連づけて考察するものである。

2. 実験概要

(1)形状評価：コンクリートの構成材料である種々の粒子形状の評価手法について検討を行う。まず、そのままカメラで形状を取り込むことが出来る骨材を取り上げて、形状評価方法の検討を行った。骨材としては、川砂利および砕石を取り上げた。なお、形状が既知のものとして硬貨ならびに鉄球を用いた。測定方法としては、画像入力システム（写真－1）を用いて、パソコンにデータを読み込み、2値化して、境界画素の長さや画素の広がり計測しそれぞれの評価指標として数値化するものである。ただし、微粒子や微粉体については、直接粒子映像を取り込むことが出来ないことから、電子顕微鏡写真により粒子を拡大したのち輪郭をトレースし、画像入力装置によりデータを読み込み込んだ。なお、本実験では、評価指標として円の形状係数（円形度の逆数）および長短度を取り上げた。本研究で用いた各種粉体を表－1に示す。

(2)粉体の拘束水比：セメントペーストのフロー試験から相対フロー面積比と水セメント容積比との関係を直線回帰して、相対フロー面積比が0となる水粉体容積比、すなわち直線の切片の値を求め、これをセメントの拘束水比とした¹⁾。

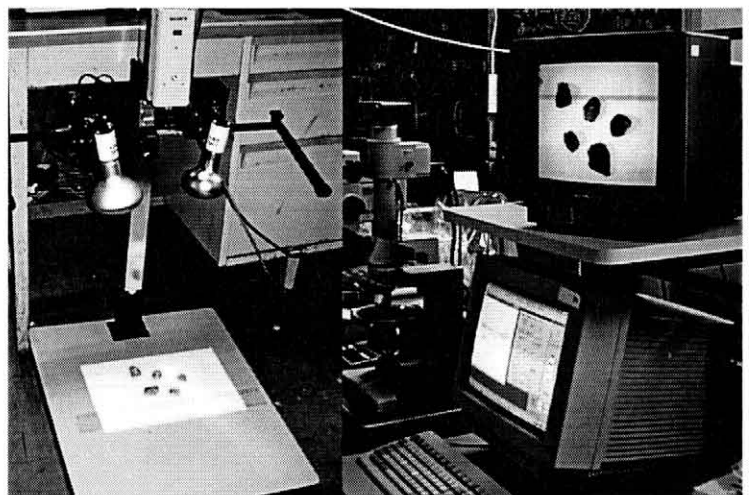
3. 実験結果とその考察

図－1は、骨材の円の形状係数示している。硬貨や鉄球については、円の形状係数や長短度ほぼ1であり粒子の形状をほぼ正しく評価しているものと考えられる。ただし、試料の深さ方向の距離が長くなれば、カメラ軸に対してライト光の方向がずれた場合、試料の陰の部分を試料として取り込んでしまう危険性がある。硬貨や鉄球の評価が1となっていないことはそれらの原因によるものと考えている。

図－2は、各種粉体の円の形状係数を示している。フライアッシュについてはほぼ1であり球形に近いことがわかる。図－3は、円の形状係数と長短度の関係をプロットしている。両者の間には直線関係が得られており、円の形状係数あるいは長短度は、粒子形状を評価する指標として有効であると考えられる。

表－1 微粉末の化学成分

記号	粉末度 (cm ² /g)	比重	化 学 成 分 (%)					
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	SO ₃
C	328	3.15	21.4	5.3	2.9	64.0	1.6	1.9
FA	4410	2.26	—	—	—	—	—	—
BS4	4040	2.89	32.8	13.6	0.2	42.4	5.8	2.0
BS6	6140	2.89	33.2	13.7	0.2	42.1	5.8	2.0
BS8	8160	2.89	33.0	13.6	0.2	42.1	6.0	2.0



写真－1 試料のセット状況と画像の取り込み

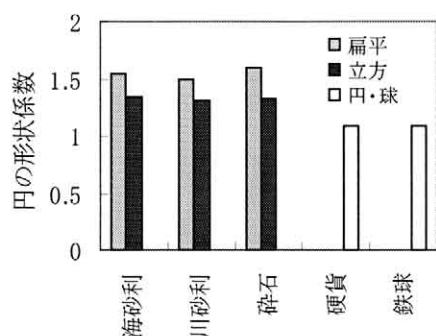


図-1 円の形状係数

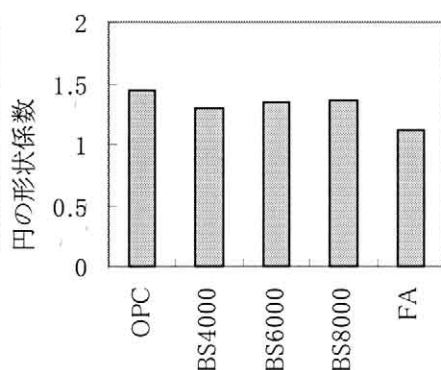


図-2 粉体の円の形状係数

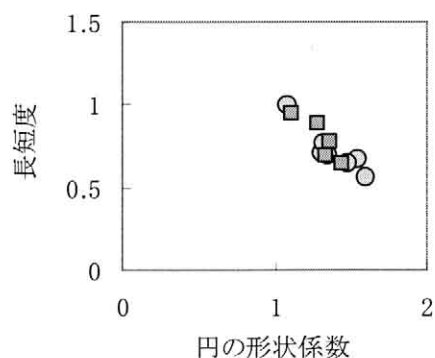


図-3 円の形状係数と長短度との関係

なお、粉体については画像を電子顕微鏡写真から粒子形状をトレースして取り込んでいるため、試料のサンプリングに対する偏りが懸念されること、またサンプル数が少ないことから、それら粉体の平均的な形状評価が出来ているかどうかについては、明らかではない。これらの問題点の解消が今後の課題でもある。

図-4は、それぞれの粉体ごとの相対フロー面積比と水粉体容積比の関係を示している。拘束水比は0.90から1.12であり、相対フロー面積比が大きくなるにしたがい流動性が大きくなっている。特にフライアッシュは流動性が高く、逆に高炉スラグ微粉末8160は流動性が低いことが分かる。図-5は、各種粉体の拘束水比ならび変形係数を示している。拘束水比および変形係数ともにフライアッシュの場合が最も小さな値を示す。これはセメントおよびスラグ微粉末が碎石状であるのに対して、フライアッシュは球形であるためであると考えられる。フライアッシュを除く4粉体はほぼ同様の粒形であり、その粉末度はセメントから高炉スラグ微粉末8160まで右上がりに増加している。拘束水比はその粉末度の影響も当然受けることから、直線的に増加しているものと考えられる。変形係数については、粉末度の影響をより顕著に受けるために高炉スラグ微粉末8160で急激に増加していると思われる。今後、粉体の形状のみならず、粉末度と組み合わせて評価していくことが重要であると考えられる。

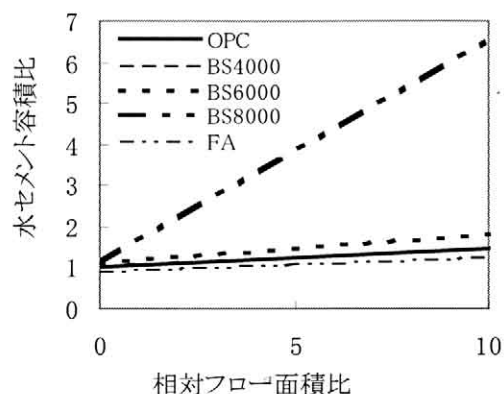


図-4 相対フロー面積と水粉体比の関係

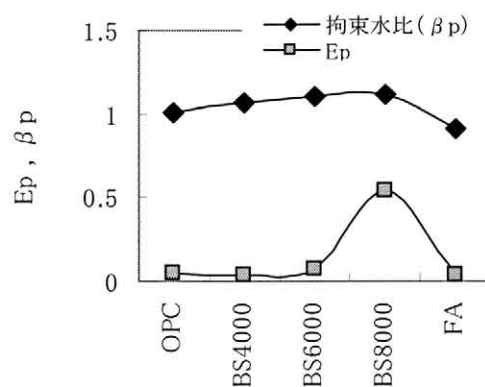


図-5 拘束水比および変形係数

4. まとめ

以上の結果から、骨材および粉体の形状評価手法として本方法の適用性が確認された。すなわち、微粒子については電子顕微鏡写真で拡大し、それらをトレースすることにより画像解析が可能である。しかしながら、形状評価にあたっては、その配置方向に留意する必要がある。また、拘束水比は、粉体の粒子形状評価と結びつけて考えることが可能であるが、粒子の粒度分布や表面特性の影響も強く受けることが考えられることから、今後、それらの影響を組み合わせで評価していくことが必要である。

参考文献

1)岡村甫, 前川宏一, 小澤一雄: ハイパフォーマンスコンクリート, 技法堂出版, 1993.

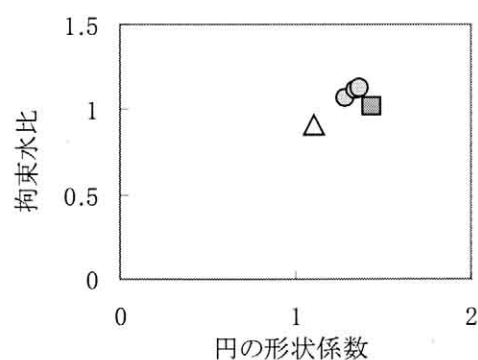


図-6 拘束水比と円の形状係数との関係