

砕砂を用いたモルタルの流動性に及ぼす砕石粉の影響

首都大学東京 学生会員 ○内田 早紀, 正会員 上野 敦
首都大学東京 正会員 宇治 公隆, 正会員 大野 健太郎

1. はじめに

現在、砕石および砕砂の製造工程から生じる微粒分は、コンクリート用砕石粉として JIS に品質規定されているが、積極的な利用が行われていないのが現状である。

本研究では、スラグ細骨材を対象とした既往の研究¹⁾の知見を応用し、砕砂を用いたコンクリートの流動性に対する砕石粉の影響を、砕砂の粒子形状に着目して定量的に評価することを目的とした。

2. 実験概要

2.1 使用材料

使用した細骨材を表-1に示す。比較用の細骨材として、粒子形状が球形に近い陸砂(以下、PS)を使用し、粒子形状の違いに着目して5種類の砕砂を使用した。セメントは密度3.16g/cm³の普通ポルトランドセメントを使用し、微粒粉には密度2.64g/cm³の砕石粉を使用した。また、各細骨材を砕石微粒分で体積置換するため、既含有の微粒分は水で洗い流し、粒度分布も概ね一定に調整した。

2.2 モルタルの配合

表-2にモルタルの配合を示す。配合条件はW/Cを0.5の一定とした。細骨材の粒子形状の影響を顕著にするため、ペースト体積/細骨材容積(V_p/V_s)を0.75の一定とし、微粒分の細骨材の絶対容積に対する置換率は0、2.5、5、7.5、10%の5水準とした。

2.3 実験項目

降伏値の影響が卓越すると考えられるミニスランプ試験¹⁾と、塑性粘度の影響が卓越すると考えられる打撃条件下でのフロー試験(JIS R 5201)によって、モルタルの流動性を試験した。

細骨材の粒子形状の定量化のため、式(1)に示す円形度係数を2.5~5.0、1.2~2.5、0.6~1.2mmの3粒径の粒子を対象に、2次投影画像を用いた画像解析により求めた。円形度係数は円ならば1となり、小さいほど円らしくないことを示す。測定では粒径ごとに8個の粒子を無作為抽出し、平均値で表した。また、JIS A 5005に規定の粒形判定実積率を測定した。

$$C = \frac{4\pi F}{L^2} \quad (1)$$

ここに、 C :円形度係数、 F :投影面積(mm²)、 L :投影周囲長(mm)

3. 結果および考察

3.1 細骨材の粒子形状

図-1に、砕砂DとPSの粒径別の場合を例に円形度係数を示す。細骨材の円形度係数は粒径が異なってもほぼ同等となることがわかる。この傾向は他の細骨材でも同じであった。各細骨材の円形度係数と粒形判定実積率の関係を図-2に示す。円形度係数の増加に伴って、粒形判定実積率が直線的に増加するとわかる。

表-1 骨材の物理的性質

	種類	表乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	粒形判定 実積率(%)	粒度分布 (F.M.)	円形度 係数
1	陸砂(PS)	2.59	2.13	62.2	2.63	0.826
2	砕砂A	2.58	1.04	58.4	3.07	0.757
3	砕砂B	2.65	2.90	54.0	2.61	0.741
4	砕砂C	2.57	2.75	56.1	3.16	0.725
5	砕砂D	2.64	0.93	56.9	2.81	0.754
6	砕砂E	2.53	3.50	54.4	3.25	0.720

表-2 モルタルの配合

V_p/V_s	微粒分置換率 (%)	W/C	単位量(L/L)				
			V_w	V_e	V_s	$V_{微粒分}$	
0.75	0	0.5	0.262	0.166	0.571	0	
	2.5				0.557	0.014	
	5				0.543	0.029	
	7.5				0.529	0.043	
	10				0.514	0.057	

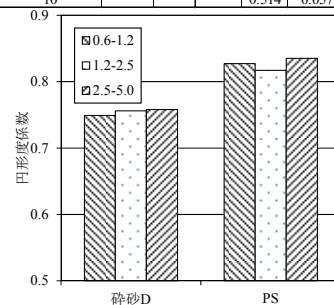


図-1 粒径別の円形度係数

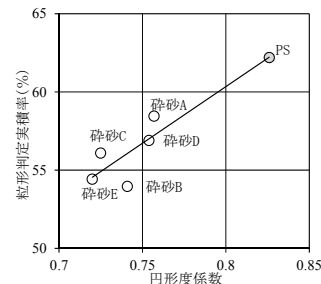


図-2 円形度係数と粒形判定実積率

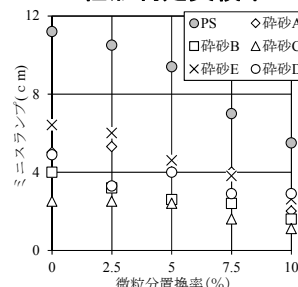


図-3 ミニスランプと微粒分置換率

キーワード 砕砂、砕石粉、微粒分置換、粒子形状

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京 042-677-1111

3.2 微粒分量による影響

各細骨材の微粒分置換率とミニスランプの関係を図-3に示す。また、図-4に、微粒分置換率と15打フローの関係を示す。一般に、微粒分置換率が増加するとミニスランプ、15打フローは減少する傾向にある。しかし、骨材によっては、置換率2.5%のフローが置換率0%のフローと同等以上の傾向を示している。そして、ミニスランプと比較して、15打フローの場合、この傾向が顕著となっている。

一例として、PS、砕砂B、砕砂Cを用いたときの、15打フロー中の各打数におけるフローを図-5(a)～(c)に示す。いずれの微粒分置換率の場合も、打撃回数の増加に伴って、フローが大きくなるが、打撃回数が少ない範囲でのフローの増加に対する微粒分置換率の影響が、細骨材によって異なることがわかる。このことは、少ない作用エネルギーでの流動性に対して、細骨材粒子の特性が影響しているためと考えられる。砕砂Cのように、試料によっては、微粒分置換率が0%の場合よりも、微粒分置換率が2.5%のとき、フローが大きくなることもわかる。

3.3 細骨材粒子形状による影響

細骨材の粒子特性による影響を検討するため、各細骨材について、微粒分置換率0%のときの7打フローを基準として、各微粒分置換率のときの7打フローを正規化した。微粒分置換率と正規化した7打フローの関係を、PSおよび砕砂Eの場合を例に、図-6に示す。微粒分置換率の増加に伴い、正規化した7打フローは低下するが、低下の割合は、球形に近いPSで大きく、円形度係数および粒形判定実積率の小さな砕砂Eではゆるやかになるとわかる。

全細骨材について、図-6での近似直線の傾きの絶対値と各細骨材の円形度係数の関係を、図-7に示す。円形度係数が小さいほど、すなわち、粒子形状が等方的でない試料ほど、直線の傾きが緩やかであることがわかる。すなわち、粒子形状が角張っているものや、卓越径がある細骨材であるほど、微粒分置換が流動性に及ぼす影響が小さくなることがわかる。

4. まとめ

- (1) 2次元投影画像の画像解析による円形度係数は、同一細骨材であれば、粒径が異なってもほぼ同等となる。また、円形度係数と粒形判定実積率には高い相関がある。
- (2) すべての骨材について、いずれの微粒分置換率の場合も、打撃回数の増加に伴って、フローが大きくなるが、打撃回数が少ない範囲でのフローの増加に対する微粒分置換率の影響が、細骨材によって異なる。
- (3) 円形度係数や粒形判定実積率が低く、粒子形状が等方的でないほど、微粒分置換による流動性への影響が小さい。また、試料によっては、流動性を最大とする微粒分置換率が存在する。

謝辞：本研究の遂行にあたり、正会員上野敦が平成26年度一般社団法人日本砕石協会研究助成事業の交付を受けた。

参考文献

- 1) 上野敦、國府勝郎、宇治公隆：スラグ細骨材を用いたコンクリートの品質向上に関する検討、土木学会論文集E、Vol.62、No.2、pp.462-476、2016.6

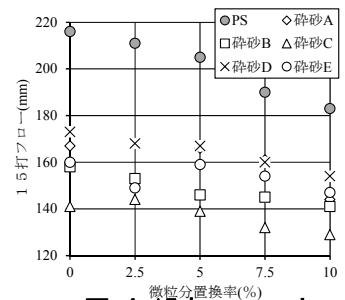
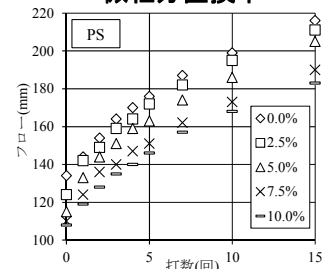
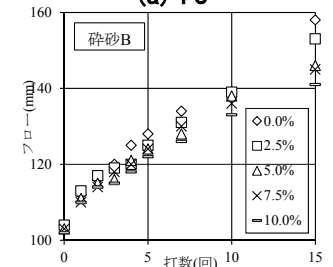


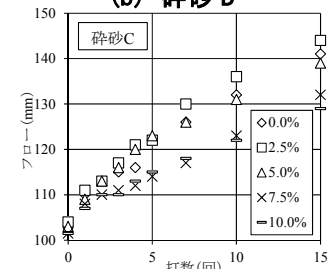
図-4 15打フローと微粒分置換率



(a) PS



(b) 砕砂B



(c) 砕砂C

図-5 各打数でのフロー

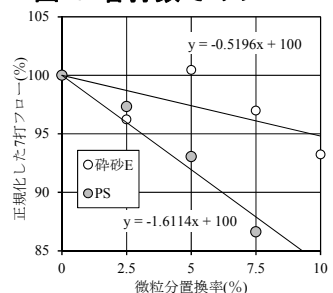


図-6 正規化した7打フローと微粒分置換率

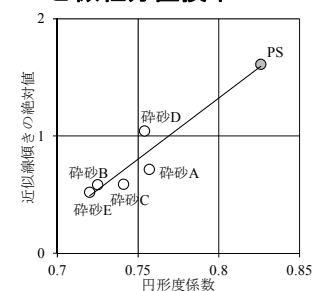


図-7 近似線傾きの絶対値と円形度係数