

細骨材の粒形がモルタルのフレッシュ性状に及ぼす影響

鹿島建設(株) 正会員○渡邊賢三 松本修治 水野浩平 六本木日菜子 橋本 学 柳井修司 坂井吾郎

1. はじめに

筆者らは、一般的な RC 構造物を対象に、コンクリートを間配することで材料分離を抑制することとした安価な締固め不要コンクリート（以下、締固め不要コンクリート¹⁾と称す）の実現を目指している。この締固め不要コンクリートはコストダウンを指向しているため、単位セメント量を 320kg/m³ 程度に抑え、細骨材中の 0.6mm 以下の粒子の容積割合を増やしたうえで、スランプフロー500mm 程度に設定している。ここで、これまでの検討から単位セメント量が既存の高流動コンクリートと比べて少ないため、細骨材の粒形がフレッシュコンクリートの性状に与える影響が大きいと考えられ、本稿では細骨材の粒形から算出する円形度係数²⁾に注目し、円形度係数がモルタルのフレッシュ性状に及ぼす影響について検討した。

2. 検討に用いた細骨材の諸物性およびモルタルの配合

表-1 に細骨材の諸物性を示す。細骨材には、2 種類以上の異なる砂を混合し図-1 に示す粒度分布となる細骨材 A, B, C を用いた。表-2 にモルタルの配合を示す。モルタルの配合は、これまでの検討¹⁾から単位水量 175 kg/m³, 単位セメント量 320 kg/m³, 細骨材率 52.2%の締固め不要コンクリートの配合から粗骨材を除いたものとした。

3. 検討内容

細骨材 A, B, C の粒形については、粒径 0-0.075mm, 0.075-0.15mm, 0.15-0.3mm, 0.3-0.6mm, 0.6-1.2mm, 1.2-5.0mm でふるい分け、走査型電子顕微鏡にて各粒径からサンプル数 N=12 で撮影した。円形度係数²⁾は次式 $Cr=4\pi A/L^2$ で算出し、各粒径での平均値を示した。ここに、Cr；円形度係数、A；骨材画像での投影面積 (mm²)、L；骨材の周長 (mm) を表す。なお、円形度係数 1 は真円を示す。細骨材 A, B, C を用いたモルタルのフレッシュ性状の評価については、高性能 AE 減水剤（以降、SP と表す）の添加率が同一の 0.8wt.% のものと、モルタルフロー210mm 程度にしたもので検討を行った。なお、細骨材 C について、SP 添加率を 1.55wt.%にしたときのモルタルフロー210mm が材料分離をしない範囲での最大値であったために、細骨材 A, B についても SP 添加率を調整しモルタルフローを 210mm 程度に揃えて検討を行った。モルタルの流動性はモルタルフロー、細骨材粒子の干渉はモルタル用 V 漏斗によって評価した。空気量は、AE 剤を調整し 5.5～7.0%の範囲とした。

4. 実験結果

表-3 に代表的な粒径における細骨材の円形度係数および画像を示す。画像から、

0.075-0.15mm の範囲では、細骨材 A および B には形状の顕著な違いはなく、細骨材 C には、

表-1 細骨材の諸物性

材料名	記号	種類	表乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	粗粒率	容積比率
細骨材	A	S1 砕砂	2.72	0.77	2.69	7
		S2 山砂	2.57	1.90	2.10	58
		S3 石灰砕砂	2.64	0.95	3.03	35
	B	S4 砕砂	2.64	0.91	2.77	58
		S5 山砂	2.61	1.76	1.69	42
	C	S6 加工砂	2.59	1.60	2.87	75
		S7 陸砂	2.61	1.91	1.54	25
混和剤	SP	高性能 AE 減水剤, ポリカルボン酸系化合物				
	AE	AE 剤, 樹脂酸塩系界面活性剤				

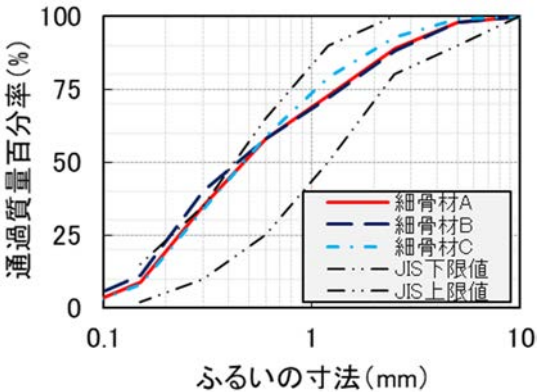


図-1 各細骨材の粒度分布

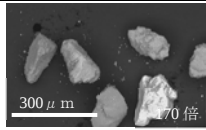
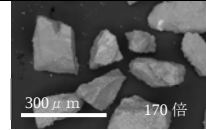
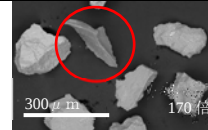
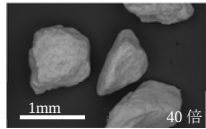
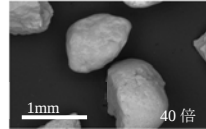
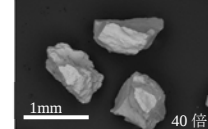
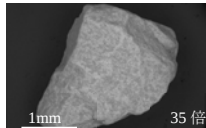
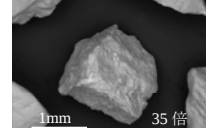
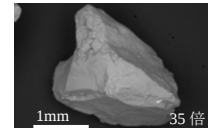
表-2 モルタルの配合

No.	W/C (%)	Vs/Vm (%)	V _{0.6} * (%)	Air (%)	単位量 (kg/m ³)									SP
					W	C	細骨材 A			細骨材 B		細骨材 C		(C×wt.%)
							S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	
1	54.7	54.8	49.0	6.8	267	488	97	761	472	—	—	—	—	0.25～1.55
2							—	—	—	781	559	—	—	
3							—	—	—	—	—	992	333	

W：水(上水道水), C:普通ポルトランドセメント(密度 3.16 g/cm³, 比表面積 3,260 cm²/g)
*: モルタル中の 0.6mm 以下の粒子の容積割合

キーワード 締固め不要コンクリート, 細骨材, 骨材形状, 円形度係数, モルタルフロー, V 漏斗
連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL042-489-8014

表-3 細骨材の円形度係数および画像

粒径 (mm)	細骨材 A		細骨材 B		細骨材 C	
	円形度 係数	画像	円形度 係数	画像	円形度 係数	画像
0.075-0.15	0.70		0.67		0.67	
0.6-1.2	0.79		0.81		0.80	
1.2-5.0	0.86		0.81		0.80	
円形度係数の平均	0.76		0.75		0.73	

表中の赤丸で示すような鋭利な形状のものが比較的多く確認できた。また、粒径 0.6-1.2mm の範囲では細骨材 B の表面は滑らかであるのに対し、細骨材 C は陰影が顕著で、表面に細かい凹凸が多く確認できる。粒径 1.2-5.0mm の範囲では細骨材 A に比べ、細骨材 B、C は表面に細かい凹凸が多く鋭利な形状が確認された。

次に、円形度係数での比較を行った。円形度係数は、粒径 0.075-0.15mm、1.2-5.0mm の範囲では細骨材 A が最も大きく、粒径 0.6-1.2mm の範囲では細骨材 B が最も大きくなった。全粒径の円形度係数の平均は細骨材 A=0.76、細骨材 B=0.75、細骨材 C=0.73 となった。

図-2 に全粒径の円形度係数の平均と SP の添加率を C×0.8wt.% と同一にしたときのモルタルフローの関係を示す。円形度係数とモルタルフローには高い相関があり、円形度係数が 0.73~0.76 の範囲では、SP 添加率も含めてペーストが同一の場合には、円形度係数が大きいほどモルタルフローが大きくなる傾向が確認できた。

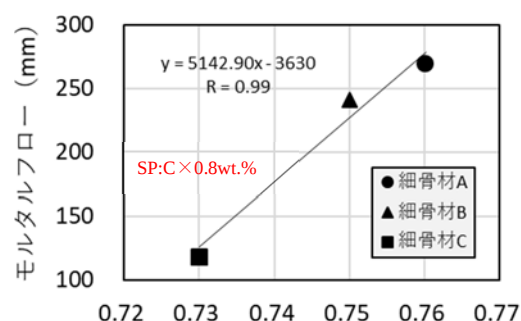
図-3 に全粒径の円形度係数の平均とモルタルフロー210mm 程度における V 漏斗流下時間の関係を示す。円形度係数と V 漏斗流下時間にも高い相関があり、モルタルの流動性を同等にした場合には、円形度係数が大きいほど V 漏斗流下時間が短くなる傾向が確認できた。これらは、細骨材の円形度係数が大きくなる、すなわち粒形が真円に近づくことで粒子同士が接触した場合の抵抗が小さくなるためと考えられる。

5. まとめ

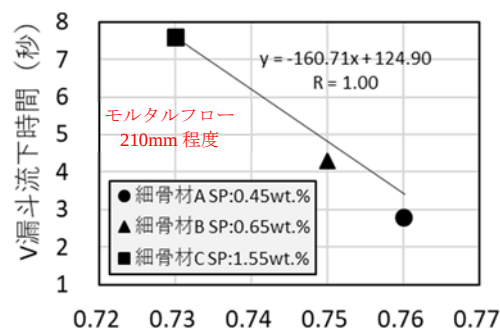
本検討の範囲においては、円形度係数は流動性の指標であるモルタルフローおよび細骨材粒子の干渉を評価できると考えられるモルタルの V 漏斗流下時間と高い相関があることが分かった。円形度係数が大きく粒形が真円に近い細骨材を用いることで、粒子同士が接触した場合の抵抗が小さくなり、締固め不要コンクリートに求められる流動性や間隙通過性を容易に確保できるものと考えられる。

参考文献

- 1) 松本修治, 倉田和英, 柳井修司, 坂井吾郎: 生産性向上に資する締固め不要コンクリートの配合設計手法に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.42, No.1, 2020
- 2) 梁 俊, 宇治公隆, 國府勝郎, 上野 敦: 粗骨材の実積率がフレッシュコンクリートの締固め性に与える影響, コンクリート工学論文集, 第 16 巻, 第 3 号, 2005.9



全粒径の円形度係数の平均
図-2 円形度係数の平均と
モルタルフローの関係



全粒径の円形度係数の平均
図-3 円形度係数の平均と
V 漏斗流下時間の関係