

細骨材の粒子間距離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○松本修治 水野浩平 六本木日菜子 橋本 学 渡邊賢三 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、細骨材の相違がフレッシュコンクリートの性状に及ぼす影響が大きいことを明らかにしている。本稿では、細骨材の相違がモルタルのフレッシュ性状に及ぼす影響を確認しつつ、その原因を細骨材の粒子同士の接触による抵抗の違いと考え、細骨材の粒子間距離²⁾での考察を行った。

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た細骨材 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

細骨材の種類によるフレッシュコンクリートの性状への影響を確認するために細骨材 A, B, C を用いた 3 種類のモルタルの配合で検討を行った。混和剤の添加量でモルタルフローは 100~300mm, 空気量は 5.5~7.0%の範囲に調整した。実験では、モルタルの流動性をモルタルフローで、細骨材粒子の干渉は V 漏斗³⁾にて評価した。

4. 検討結果

図-1 に高性能 AE 減水剤（以降、SP と表す）の添加率とモルタルフローの関係を示す。SP 添加率 C×0.8wt.%において、モルタルフローは細骨材 A 270mm, 細骨材 B 240mm, 細骨材 C 120mm と細骨材の種類によって違いが認められた。また、細骨材 C を用いたモルタルフローは、材料分離をしない範囲では 210mm が最大であった。このモルタルフロー210mm 程度とするための SP 添加率は、細骨材 A 0.45wt.%, 細骨材 B 0.65wt.%, 細骨材 C 1.55wt.% であり、SP 添加率も細骨材の種類によって違いが認められた。図-2 に SP 添加率と V 漏斗流下時間の関係を示す。細骨材 A および B は SP 添加率の増大に対して V 漏斗流下時間が 5 秒以下の範囲で変化した。一方、細骨材 C は変化の範囲が 5~20 秒と細骨材 A, B と比べて大きくなった。細骨材 C での V 漏斗では、モルタルが停止しては動く挙動を繰り返しながら流下する様子が確認されたことから、細骨材同士が噛み合うことが原因で流下時間が長くなったものと考えられ、SP 添加率の調整だけでは細骨材 A, B と同様の性状は得られないことがわかった。

5. 考察

細骨材の相違がモルタルのフレッシュ性状に影響を及ぼした原因を考察するために、細骨

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, ホリカルボン酸系化合物				
	AE	AE 剤, 樹脂酸塩系界面活性剤				

実積率：細骨材 A 66.7%, 細骨材 B 64.4%, 細骨材 C 62.1%

表-2 モルタルの配合

No.	W/C (%)	Vs/Vm (%)	V _{0.6} *1 (%)	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)

*1：モルタル中の 0.6mm 以下の粒子の容積割合, *2：SP の添加率 5 水準

キーワード 締固め不要コンクリート, 細骨材, 粒子間距離, 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

材の実積率および粒子間距離での整理を行った。細骨材の粒子間距離は、枝松らの次式²⁾ $t = \{(Slim/100Vs)^{1/3} - 1\} \cdot d$ により算出した。なお、細骨材の粒子間距離は「任意の粒子形状をもつ平均粒径 d の粒子が

単位容積中にある体積で存在しているとき、この粒子の配列と粒子形状を変えず、粒径を互いに接触するまで大きくしたとき、両者の粒径の差」として定義されるものである。

ここに、 t ；細骨材の粒子間距離 (μm)、 d ；細骨材の平均粒径 (μm)、 $Slim$ ；細骨材の実積率 (%), Vs ；モルタル中の細骨材容積比を表す。各細骨材の平均粒径は通過質量百分率が 50%となる粒径で、細骨材 A は $496\mu\text{m}$ 、細骨材 B は $467\mu\text{m}$ 、細骨材 C は $492\mu\text{m}$ であった。

図-3 に細骨材の実積率とモルタルフローおよび V 漏斗流下時間との関係を示す。モルタル中の細骨材容積比が一定の場合、実積率と SP 添加率が同一のときのモルタルフローおよびモルタルフローが 210mm 程度のときの V 漏斗流下時間とは高い相関が確認できた。

図-4 に細骨材の粒子間距離と SP 添加率を $C \times 0.8\text{wt.}\%$ と同一にしたときのモルタルフローの関係を示す。細骨材の実積率だけでなく、細骨材の粒子間距離とモルタルフローにも高い相関があり、細骨材の粒子間距離が $20 \sim 35\mu\text{m}$ の範囲では、粒子間距離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-5 に細骨材の粒子間距離とモルタルフローが 210mm 程度における V 漏斗流下時間の関係を示す。細骨材の粒子間距離と V 漏斗流下時間にも高い相関があり、細骨材の粒子間距離が大きいほど V 漏斗流下時間が短くなる傾向が確認できた。

これらは、細骨材の実積率および粒子間距離が大きいほど、形状が真円に近くなるため、粒子同士の接触による摩擦が緩和して、モルタルフローの増大や V 漏斗流下時間の短縮が生じたものと推察された。

6. まとめ

本検討では、細骨材の実積率および粒子間距離が大きくなると、同一の SP 添加率に対して流動性の指標であるモルタルフローは大きくなり、また、同程度のモルタルフローに対して細骨材粒子の干渉の影響がある V 漏斗流下時間は短くなることを明らかにした。これにより細骨材の実積率および粒子間距離を指標として細骨材の種類や粒度、混合比を調整することで締固め不要コンクリートの配合を設計できる可能性が示唆された。

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) 枝松良展, 山口昇三, 岡村甫: モルタルフローにおける粉体と細骨材の役割と境界, 土木学会論文集, No.571, V-36, 131-147, 1997.8
- 3) 岡村 甫, 前川 宏一, 小澤 一雅: 自己充填性ハイパフォーマンスコンクリートの開発, 土木学会論文集 No.522/VI-28, 23-26, 1995.9

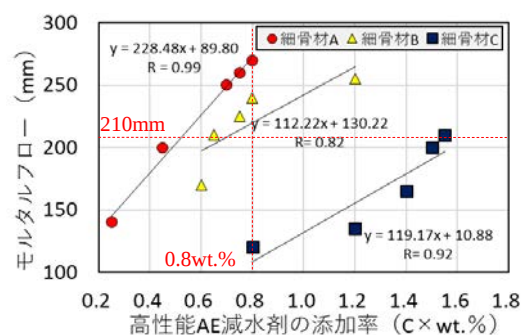


図-1 SP 添加率とモルタルフロー

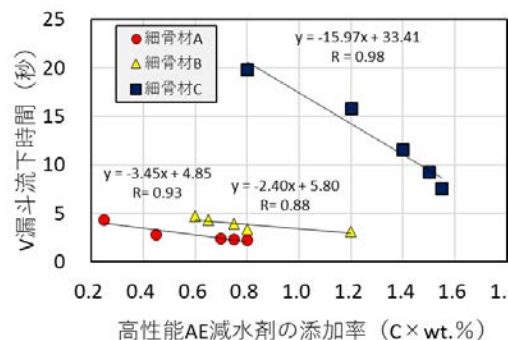


図-2 SP 添加率と V 漏斗流下時間

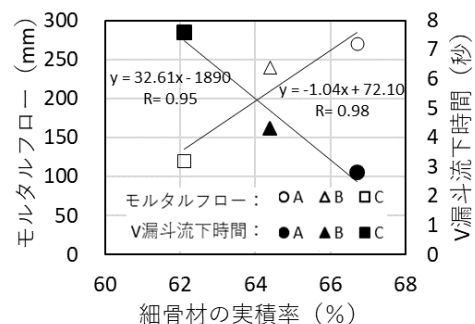


図-3 実積率とモルタルフローおよび V 漏斗流下時間の関係

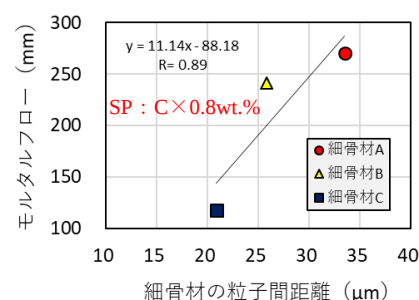


図-4 細骨材の粒子間距離とモルタルフローの関係

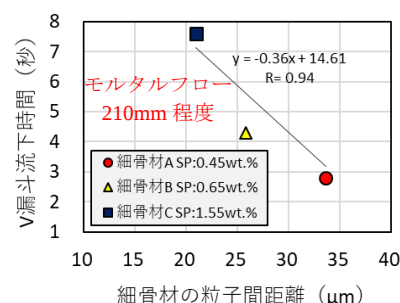


図-5 細骨材の粒子間距離と V 漏斗流下時間の関係