

V-22

スラグ細骨材を用いた粉体系高流動コンクリートの配合特性と自己充てん性能

太平洋セメント(株) 正会員 ○徳橋 一樹
 八戸工業大学 正会員 阿波 稔
 八戸工業大学 正会員 庄谷 征美

1. まえがき

近年、コンクリートの施工性の改善を主目的とした自己充てん型高流動コンクリートが開発され、すでに実構造物に使用されている。一方、資源のリサイクル、有効利用といった観点から、産業副産物をコンクリート用材料として積極的に利用する研究が鋭意進められている。この研究の一環としてスラグを利用した代替骨材の研究が進展し、フェロニッケルスラグ細骨材および高炉スラグ骨材のJIS改訂とともに、新たに銅スラグ骨材が「コンクリート用スラグ骨材」の一部として、1997年8月にJIS A 5011に統合規格化されるに至った。

そこで本研究は、これらスラグ細骨材を用いた粉体系高流動コンクリートの配合設計手法について2、3の検討を加え、さらにその自己充てん性能について実験的に明らかにすることを目的としたものである。

2. 使用材料および実験方法

2-1 使用材料：セメントは普通ポルトランドセメントを用いた。細骨材は、2.5mm粒度に適合するように粒度調整した、密度2.67g/cm³、吸水率0.45%、F.M.2.35の高炉スラグ細骨材（以下BFS細骨材と略す）と密度2.97g/cm³、吸水率1.37%、F.M.2.48のフェロニッケルスラグ細骨材（以下FNS細骨材と略す）および密度3.63g/cm³、吸水率0.31%、F.M.2.20の銅スラグ細骨材（以下CUS細骨材と略す）を用いた。さらに、比較用および混合用に密度2.67g/cm³、F.M.2.55の石灰岩砕砂を使用した。粗骨材は、最大寸法20mmの硬質砂岩砕石を使用した。粉体混和材としては、比重2.70、比表面積5700cm²/gの石灰石微粉末を用いた。また、高流動性およびフレッシュ性状の保持性能を付与する目的で、ポリカルボン酸系の高性能AE減水剤(SP-1)を使用し、空気連行の助剤として、天然樹脂酸塩を主成分とするAE剤(AE-1)を使用した。

2-2 実験方法：コンクリートの細骨材絶対容積に対するスラグ骨材の混合率は、0%、50%および100%である。フレッシュコンクリートの自己充てん性能は、スランプフロー試験、漏斗を用いた流下試験、空気量、充てん装置を用いた開けき通過性試験(ボックス型容器、障害R1)により評価した。スランプフローは700±50mm、V型漏斗流下時間10~20秒程度、空気量は4%を目標とし、さらにフレッシュ性状の保持性能（静置状態における経時変化）を調べた。また、フレッシュコンクリートの特性として凝結試験を実施した。

3. 実験結果

表-1は、目標試験値をほぼ満足した配合を示したものである。これより、FNS混合率が増加すると、単位水量は減少する結果を示した。これはFNS細骨材の粒子形状が球形に近いためであると考えられる。一方、BFS細骨材、CUS細骨材の場合は、スラグ混合率が増加すると単位水量は増加する傾向となった。これは、今回用いたBFS細骨材、CUS細骨材のF.Mが石灰岩砕砂と比べて小さいためや、0.088mm以下の微粒細骨材が多く含ま

表-1 配合一覧および自己充てん性の評価

配合名	W/P (%)	W/C (%)	単位 粗骨材 絶対容積 (m^3/m^3)	単 位 量 (kg/ m^3)									充てん 高さ (mm)	
				水 W	セメント C	石灰石 微粉末 L	細 骨 材				粗骨材 G	混和剤		
							砕砂	BFS	FNS	CUS		高性能 AE減水剤		AE剤 (g/ m^3)
Control	82	55	0.267	165	300	286	873	—	—	—	706	4.39	880	300
BFS-50			0.265	167	304	289	433	433	—	—	701	4.45	1190	325
BFS-100			0.263	169	307	293	—	860	—	—	695	4.50	1200	330
FNS-50			0.269	163	296	282	440	—	499	—	711	4.34	1160	325
FNS-100			0.271	161	293	279	—	—	1005	—	716	4.29	1140	326
CUS-100	90		0.270	170	309	247	—	—	—	1199	730	6.39	25	340

れているためであると考えられる。また、間げき通過性試験の結果より、いずれの条件の場合にも充てん高さ 300 mm 以上が得られており、全ての配合において土木学会高流動コンクリート施工指針¹⁾に示されている自己充てん性のランク 1 に相当することが認められた。

図-1 は粗骨材とモルタルの密度差と W/P との関係を示したものである。この図に示されるように、モルタルの密度より粗骨材の密度が大きくなるに従い、自己充てん性を得るために必要な W/P は小さくなる傾向を示した。さらに粉体混和材の比表面積が 3000cm²/g～4000cm²/g と小さなケースほど、その傾向は顕著である。これは、粗骨材の密度が大きくなると、間げき通過性試験において鉄筋間での粗骨材のかみ合いが生じ易くなり、ペーストの粘性を増大させる必要があるためではないかと考えられる。

図-2 は粗骨材とモルタルの密度差と単位粗骨材絶対容積との関係を示したものである。この図に示されるように、モルタルよりも粗骨材の密度が大きくなると、自己充てん性を得るための単位粗骨材絶対容積は減少する傾向が見られた。これは、粗骨材の密度が大きくなるほど、間げき通過性試験において鉄筋間での粗骨材のかみ合いを回避するために、絶対的な粗骨材量を低下させる必要があるためではないかと考えられる。

これらの結果より、粗骨材とモルタルの密度差を指標とし、高流動コンクリートの W/P や単位粗骨材絶対容積の範囲を予想し易く合理的に配合設計が進められると考えられる。

表-2 は経時変化特性を示したものである。この表に示されるように、今回のすべての配合において、良好なフレッシュ性状の保持性能が認められた。特に銅スラグ細骨材、高炉スラグ細骨材を用いた場合には十分な保持性が認められた。

表-3 は凝結性状について示したものである。この表に示されるように、高炉スラグ細骨材、銅スラグ細骨材を用いた場合には凝結速度は遅くなる傾向が見られた。このため、先ほどの経時変化において良好なフレッシュ保持性能が得られたものと思われる。

4. まとめ

スラグ細骨材を用いた粉体系高流動コンクリートの間げき通過性試験（障害 R 1）を行い、その結果スラグ細骨材の種類やその混合率によらず、全ての配合において 300mm 以上の充てん高さを示し、十分な自己充てん性が認められた。また、粗骨材とモルタルの密度差を指標とし、高流動コンクリートの W/P や単位粗骨材絶対容積の範囲を予想し易く、合理的に配合設計が進められるものと考えられる。

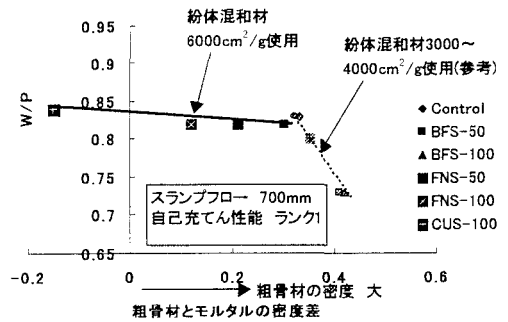


図-1 粗骨材とモルタルの密度差と W/P の関係

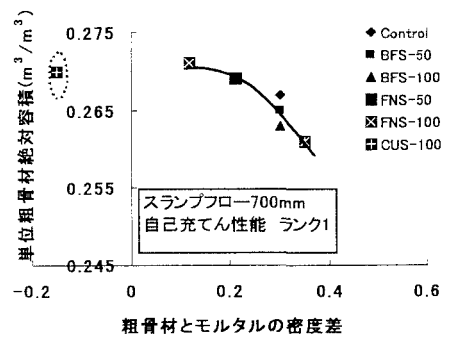


図-2 粗骨材とモルタルの密度差と 単位粗骨材絶対容積の関係

表-2 経時変化特性

配合名	経過時間	スランブフロー	V型漏斗流下時間	空気量 (%)
Control	0分	700	12	4.2
	30分	660	20	3.3
	60分	560	58	2.9
BFS-50	0分	700	13	4.0
	30分	650	24	3.5
	60分	600	56	3.5
BFS-100	0分	700	11	4.2
	30分	690	20	4.0
	60分	650	42	3.5
FNS-50	0分	700	19	4.1
	30分	640	42	3.4
	60分	540	81	3.0
FNS-100	0分	690	21	4.0
	30分	620	53	3.5
	60分	550	130	3.8
CUS-100	0分	720	9	4.0
	30分	720	16	2.0
	60分	720	22	1.5

表-3 凝結試験結果

配合名	始発時間 (hr-min)	終結時間 (hr-min)
Control	3-40	6-13
BFS-50	3-51	6-40
BFS-100	3-59	6-57
FNS-50	3-50	6-01
FNS-100	3-40	5-50
CUS-100	7-16	9-45