

V-3

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法

八戸工業大学 学生員 ○加藤 真吾

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骨材を利用した代替骨材の研究が進展し、金属を精錬する際に副産される高炉スラグ、フェロニッケルスラグ、および銅スラグがコンクリート用骨材として、1997年8月にJIS A 5011に総合規格化されるに至った。しかしながら、多種多様な材料を用いて製造され、その組み合わせも複雑である高流動コンクリートの配合設計は、必ずしも合理的な手法が確立されているとは言えないのが現状である。

そこで本研究は、フェロニッケルスラグ細骨材（FNS2.5）を用いた粉体系高流動コンクリートの自己充てん性能を満足するための配合特性について、粗骨材とモルタルの密度差に着目し検討を加えたものである。

2. 実験の概要

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。細骨材は、密度 2.97g/cm³、吸水率 1.96%、F.M.2.50 のフェロニッケルスラグ細骨材と比較用および混合用に密度 2.69g/cm³、吸水率 0.91%、F.M.2.55 の石灰岩砕砂を使用した。

粗骨材は、密度 2.71g/cm³、吸水率 0.49%、最大寸法 20mm の石灰岩砕石を使用した。ペーストに材料分離抵抗性を付与するための微粉末材料は、密度 2.70g/cm³ およびブレン比表面積を 6,000cm²/g、10,000cm²/g と変化させた 2 種類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した AE 剤を使用した。

コンクリートの細骨材絶対容積に対するスラグ細骨材の混合率は、0%、50%および 100%である。また、フレッシュコンクリートのスランブフローは 600±50mm および 700±50mm の 2 ケース、V 型漏斗流下時間は 10～20 秒程度、空気量は 4.0%±1.0 を目標とした。また、コンクリートの自己充てん性能は、充てん装置を用いた間引き通過性試験（ボックス型容器、障害 R1）により評価した。

表-1 配合表（目標スランブフロー 600±50mm）

配合名	W/P (%)	W/C (%)	単位 粗骨材 絶対容積 (m ³ /m ³)	単位量								図の 凡例
				水 W	セメント C	石灰石 微粉末 LS	細骨材		粗骨材 G	混和剤		
							砕砂	FNS		高性能 AE減水剤	AE剤 (g/m ³)	
Control-LS60	88	55	0.273	165	300	250	899		741	3.30	220	○
FNS-50-LS60	88		0.283	161	293	244	447	494	768	3.49	210	●
FNS-100-LS60	88		0.290	155	282	233		1010	785	3.35	210	◇
Control-LS100	88		0.276	165	300	250	891		749	3.03	0	◆
FNS-100-LS100	90		0.286	160	291	233		997	775	2.98	0	□

表-2 配合表（目標スランブフロー 700±50mm）

配合名	W/P (%)	W/C (%)	単位 粗骨材 絶対容積 (m ³ /m ³)	単位量							図の 凡例	
				水 W	セメント C	石灰石 微粉末 LS	細骨材		粗骨材 G	混和剤		
							砕砂	FNS		高性能 AE減水剤		AE剤 (g/m ³)
Control-LS60	82	55	0.267	165	300	286	879		725	4.10	590	■
FNS-50-LS60	84		0.269	163	296	269	450	497	728	3.39	850	△
FNS-100-LS60	85		0.274	158	287	256		1016	743	3.53	540	▲
Control-LS100	86		0.264	167	304	264	896		696	5.00	1700	×
FNS-100-LS100	86		0.264	160	291	253		1061	713	5.44	1630	*

3. 実験結果

図-1 は粗骨材とモルタルの密度差と水粉体容積比 (W/P) との関係を示したものである。この図に見られるように、モルタルの密度より粗骨材の密度のほうが大きくなるに従い、要求される水粉体容積比が減少する傾向が見られた。これは、粗骨材とモルタルの密度差が増加すると、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、それを回避するためにペーストの粘性を増大させる必要があるためと考えられる。また、スランプフローが大きく、使用する微粉末のブレン比表面積が小さなコンクリートほど、自己充てん性を確保するための水粉体容積比は低下する傾向が確認された。

図-2 は粗骨材とモルタルの密度差とペースト量との関係を示したものである。この図に見られるように、粗骨材とモルタルの密度差が大きなコンクリートほど、自己充てん性を得るためのペースト量が増加した。また、目標スランプフローが大きなコンクリートほど、流動性を向上させるためにペースト量は増大する傾向にある。なお、微粉末のブレン比表面積の違いによるペースト量の大きな差は確認されなかった。

図-3 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。この図より、粗骨材とモルタルの密度差が大きくなるに従い、単位粗骨材絶対容積は減少する傾向が見られた。これは、粗骨材とモルタルの密度差が大きなコンクリートほど、間げき通過性試験において粗骨材同士閉塞作用を回避するために、使用する粗骨材量を減少させる必要があるためと考えられる。また、目標スランプフローが大きくなるに伴い、流動性が増大し骨材同士の閉塞作用が生じ易くなり、使用可能な粗骨材量が減少した。なお、目標スランプフローが $700 \pm 50 \text{ mm}$ のコンクリートの単位粗骨材絶対容積は、土木学会高流動コンクリート施工指針に示されている、自己充てん性ランク 1 を得るための推奨値 (0.28~0.30) より低い値となった。

4. まとめ

粉体系高流動コンクリートの配合特性は、使用する材料の組み合わせによって決定される粗骨材とモルタルの密度差と密接に関連していることが分かった。そして、これらを指標として、自己充てん性を得るための水粉体容積比やペースト量、単位粗骨材絶対容積の範囲が予測可能となり初期配合が設定し易く、合理的に配合設計が進められるものと考えられる。

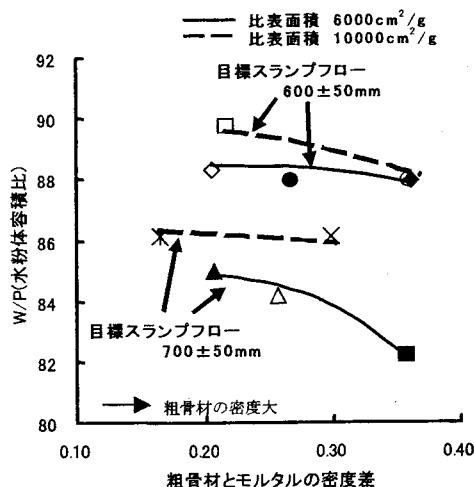


図-1 粗骨材とモルタルの密度差とペースト量の関係

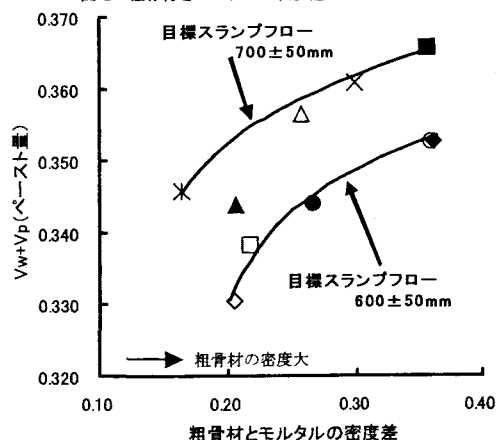


図-2 粗骨材とモルタルの密度差と W/P との関係

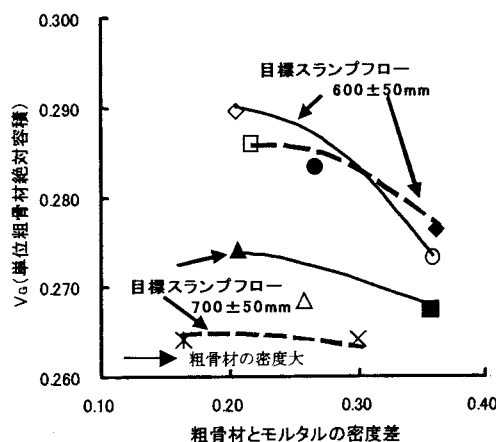


図-3 粗骨材とモルタルの密度差と V_g との関係