

V-59 スラグ細骨材を用いた粉体系高流動コンクリートの自己充てん性能

八戸工業大学 学生員 ○島田 隆光
 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利用するための研究が鋭意進められている。この研究の一環として、金属を精錬する際に副産されるスラグを利用した代替骨材の研究が進展し、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スラグ骨材として、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、粒子形状の異なるフェロニッケルスラグ細骨材を用いた、粉体系高流動コンクリートの、その自己充てん性を得るための配合特性について、検討を行ったものである。

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。FNS 細骨材は、2.5mm 粒度に適合するように粒度調整した、密度 2.91g/cm³、吸水率 1.46%、F.M.2.97 の FNS1(風砕：粒形は球形)と、密度 2.93g/cm³、吸水率 1.20%、F.M.2.65 の FNS2(FNS1 と FNS3 を 50%づつ混合したもの)、および密度 2.96g/cm³、吸水率 0.43%、F.M.2.48 の FNS3(破碎：粒形は角張っている)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 の石灰石砕砂を使用した。粗骨材は、最大寸法 20mm の硬質砂岩砕石を使用した。混和材として、密度 2.70 g/cm³、比表面積 5700cm²/g、石灰石微粉末(以下 LS と略す)および密度 2.80 g/cm³、比表面積 6000cm²/g の高炉スラグ微粉末(以下 BS と略す)の 2 種類を用いた。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 減水材を使用し、空気連行の助剤として、天然樹脂酸塩を主成分とする AE 剤を使用した。

実験に用いたコンクリートは、FNS 細骨材の種類（粒子形状）と混合率を変化させた 14 種類であり、その配合を表-1 に示す。

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。スランブフローは 700±50mm、V 型漏斗流下時間は 10～20 秒程度、空気量は 4%±0.5 を目標とした。また、コンクリートの自己充てん性能とは、充てん装置を用いた間げき通過性試験（ボックス型容器、障害 R1）により評価した。

表-1 配合表

配合名	W/P (%)	W/C (%)	単位 粗骨材 絶対容積 (m ³ /m ³)	単位量							粗骨材 G	混和剤		図の 凡例
				水 W	セメント C	石灰石 微粉末 LS	高炉スラグ 微粉末 BS	細骨材				高性能 AE減水剤	AE剤 (g/m ³)	
Control-LS	80	55	0.259	165	300	300		883			709	4.50	2700	○
Control-BS	78	55	0.257	165	300		333	877	-		704	5.07	2850	●
FNS1-50-LS	80	55	0.261	163	296	296		445	484		715	4.45	2370	◇
FNS1-100-LS	80	55	0.264	160	291	291		-	978		724	4.65	2620	◆
FNS1-50-BS	78	55	0.259	163	296		329	442	480		710	4.69	2500	△
FNS1-100-BS	78	55	0.261	161	293		325	-	967		715	4.94	2780	▲
FNS2-50-LS	82	55	0.265	161	293	279		452	494		726	3.43	1430	□
FNS2-100-LS	82	55	0.268	158	287	274			999		734	3.37	1680	■
FNS2-50-BS	81	55	0.264	161	293		308	450	492		723	3.61	1500	×
FNS2-100-BS	81	55	0.267	158	287		302		1003		722	3.54	1770	×
FNS3-50-LS	84	55	0.267	161	293	266		456	508		732	3.35	1400	*
FNS3-100-LS	84	55	0.273	155	282	256			1040		749	3.23	1610	*
FNS3-50-BS	83	55	0.267	160	291		291	455	508		732	3.49	1450	+
FNS3-100-BS	83	55	0.271	156	284		284		1021		742	3.69	1130	+

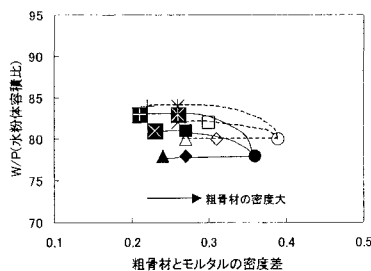


図-1 粗骨材とモルタルの密度差と W/P との関係

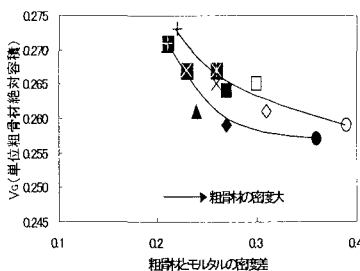


図-2 粗骨材とモルタルの密度差と
単位粗骨材絶対容積との関係

$$t = \left[\left(\frac{S \lim}{100V_s} \right)^{\frac{1}{3}} - 1 \right] \times d$$

t : 細骨材の平均粒子間距離

d : 細骨材の平均粒径

$s \lim$: 材質材の実績率

V_s : 細骨材容積比

式-1 細骨材の平均粒子間距離

3. 実験結果および考察

図-1 は粗骨材とモルタルの密度差と水粉体容積比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方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、間隙通過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、使用する細骨材の粒径が球形に近いものほど、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ほど、単位粗骨材絶対容積が減少する傾向が見られた。

なお、これらの関係は使用する微粉末の種類（石灰石微粉末・高炉スラグ微粉末）が変化しても、同様な傾向にあることが確認された。

図-3 は細骨材の平均粒子間距離と実績率との関係、図-4 は細骨材の平均粒子間距離と単位細骨材絶対容積との関係および図-5 は細骨材の平均粒子間距離とペースト量との関係を示したものである。なお、細骨材の平均粒子間距離は式-1 より算出した。

これらの図において、細骨材の粒子形状が球形に近いものほどその実績率は大きくなり、またそれと用いたコンクリート中での細骨材の平均粒子間距離は増大する傾向にある。さらに、細骨材の平均粒子間距離が大きくなるほど、要求されるペースト量は増大する傾向があることが分かる。これは細骨材の平均粒子間距離が大きいほど、細骨材の粒子間には多くのペースト（粉体粒子）が存在するためであると考えられる。

4. まとめ

粉体系高流動コンクリートの配合特性は粗骨材とモルタルの密度差や、細骨材の粒子形状の違いを反映する平均粒子間距離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、水粉体容積比、単位粗骨材絶対容積やペースト量などの範囲を予測し易く、合理的に配合設計が求められるものと考えられる。

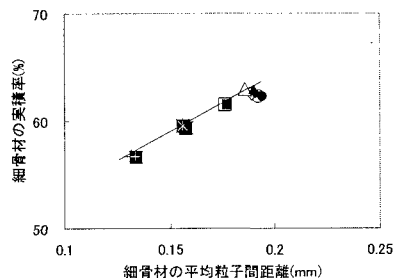


図-3 細骨材の平均粒子間距離と実績率の関係

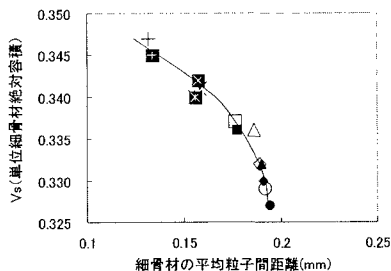


図-4 細骨材の平均粒子間距離と
単位細骨材絶対容積との関係

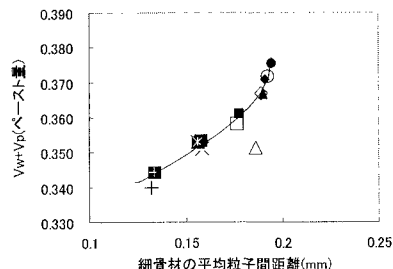


図-5 細骨材の平均粒子間距離とペースト量の関係