

スラグ細骨材を用いた高流動コンクリートの自己充てん性能に関する研究

八戸工業大学 学生員 ○原田 強

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非鉄金属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、97年8月JIS A 5011に統合規格化されるに至った。本研究は、これら2種類のスラグ細骨材を用いた粉体系およびフェロニッケルスラグ細骨材を用いた増粘剤系の自己充てん型高流動コンクリートの配合特性、自己充てん性の評価およびレオロジー特性について実験的に検討したものである。

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、比重2.97、F.M.2.48のフェロニッケルスラグ細骨材(FNS細骨材と略す)と比重3.63、F.M.2.20の銅スラグ細骨材(CUS細骨材と略す)を用いた。さらに、比較用および混合用に比重2.65、F.M.2.57の天然砂(NS)を使用した。粗骨材は、最大寸法20mmの石灰岩砕石を使用した。粉体混和材としては、比重2.70、比表面積 $5700\text{ cm}^2/\text{g}$ の石灰石微粉末を用いた。増粘剤は、ポリカルボン酸系のセメント分散成分および特殊分離低減型減水成分を有する1液系増粘剤(VA-1)、水溶性セルロースエーテルを成分とする増粘剤(VA-2)の2種類を用いた。また、ポリカルボン酸系の2種類の高性能AE減水剤(SP-1、SP-2)、さらに、天然樹脂酸塩を主成分とする2種類のAE剤(AE-1、AE-2)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。スランプフローは $700\pm 50\text{ mm}$ (粉体系)、 $600\pm 50\text{ mm}$ (増粘剤系)、V型漏斗流下時間10~20秒程度、空気量は4%を目標とした。また、二重円筒型回転粘度計を用いてコンクリートのレオロジー一定数として降伏値と塑性粘度を測定した。

3. 実験結果

3-1 配合特性および自己充てん性の評価：表-1は、目標スランプフロー、V型漏斗流下時間および空気量がほぼ満足された配合例を示したものである。これより、粉体系(配合P~)の場合には、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。

表-1 配合一覧および自己充てん性の評価

配合名	記号	Gmax (mm)	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 (障害R1) (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				
									NS	FNS	CUS		高性能 AE減水剤	増粘剤	AE剤 (g/m ³)		
P Control	□	20	86	55	0.274	165	300	260	880	—	—	740	6.44 ^{*1}	—	—	224 ^{*6}	300
P FNS-50	△				0.276	160	291	252	448	502	—	746	6.24 ^{*1}	—	—	1195 ^{*6}	300
P FNS-100	○				0.280	155	282	245	—	1017	—	756	6.06 ^{*1}	—	—	1318 ^{*6}	340
P CUS-50	▲				0.273	167	304	243	442	—	606	737	6.29 ^{*1}	—	—	11 ^{*6}	340
P CUS-100	●				0.270	170	309	247	—	—	1199	730	6.39 ^{*1}	—	—	25 ^{*6}	340
V Control	■	126	40	—	0.223	180	450	—	1098	—	—	603	—	6.75 ^{*2}	—	45 ^{*6}	300
V FNS-50	◆				0.238	177	443	—	537	602	—	642	—	6.65 ^{*2}	31 ^{*6}	310	
V FNS-100	●				0.270	185	463	—	—	1086	—	730	926 ^{*4}	0.1 ^{*3}	116 ^{*6}	300	

*1:SP-1, *2:VA-1, *3:VA-2, *4:SP-2, *5:AE-1, *6:AE-2

一方、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 0.06 mm以下の微粒細骨材が多く含まれている CUS 細骨材を用いたために、細骨材中の微粒分が粉体と同様の挙動を示したためであると考えられる。増粘剤系(配合 V〜)の場合にも、使用した増粘剤が同一である Control と FNS-50 とを比較すると、粉体系の場合と同様の傾向が見られた。また、間げき通過性試験の結果は、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。

3-2 レオロジー特性：図-1 は、コンクリートの降伏値と塑性粘度との関係を示したものである。これらの結果より、粉体系の場合には、目標スランプフロー値が増粘剤系の場合より大きいために全般に降伏値が小さくなっているのが分かる。また、CUS 細骨材を用いた場合は、FNS 細骨材を用いた場合と比べ降伏値および塑性粘度ともに低下する傾向を示した。

図-2 は、コンクリートの単位水量と降伏値および塑性粘度との関係を示したものである。この図に見られるように、見かけ上単位水量の増加に伴い、粉体系と増粘剤系のグループ毎に降伏値および塑性粘度は直線的に減少する傾向を示した。

図-3 は、コンクリートの単位容積質量と降伏値および塑性粘度との関係を示したものである。この図に示されるように、コンクリートの単位容積質量の増加に伴い、降伏値および塑性粘度は減少する傾向が見られた。これは、スラグ細骨材の増加によりコンクリートの単位容積質量が増大するために、自重によるせん断応力が増加し、粒子の構造破壊が起きやすくなったためではないかと考えられる。

これらの結果より、粉体系および増粘剤系コンクリートは、高性能 AE 減水剤添加率、増粘剤添加率、空気量、水粉体比容積(W/P)、単位粗骨材絶対容積がほぼ一定でありながらも、降伏値および塑性粘度に差が生じたのは、コンクリートの単位水量や単位容積質量の影響が主要因ではないかと考えられる。

4. まとめ

FNS 細骨材および CUS 細骨材を用いた粉体系および増粘剤系高流動コンクリートの間げき通過性試験(障害 R1)を行った。

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。また銅スラグ細骨材を用いた場合は、フェロニッケルスラグ細骨材を用いた場合と比べ降伏値および塑性粘度が低下する傾向を示した。そして、それはコンクリートの単位水量や単位容積質量の影響が主要因ではないかと考えられる。

【参考文献】

1. 土木学会：高流動コンクリート施工指針 1998 年

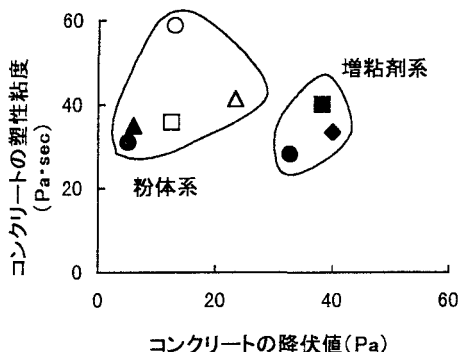


図-1 降伏値と塑性粘度との関係

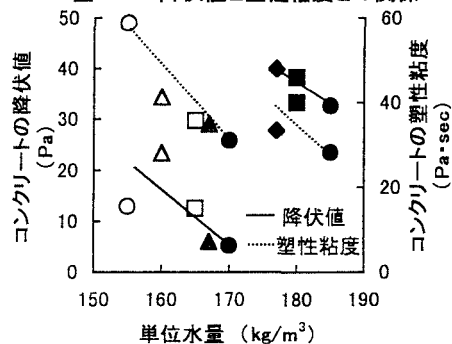


図-2 単位水量と降伏値、塑性粘度との関係

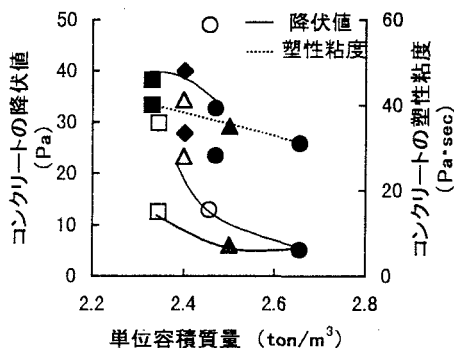


図-3 単位容積質量と降伏値、塑性粘度との関係