

# 高炉スラグ細骨材と石灰石砕砂を混合使用したコンクリートのフレッシュ性状

宇部興産(株) 正会員 ○大西 利勝  
 鳥取大学 フェロー会員 井上 正一  
 鳥取大学 正会員 黒田 保  
 JFE ミネラル (株) 正会員 吉澤 千秋

## 1. はじめに

高炉スラグ細骨材（以下 BFS）は生コン工場では砕砂などと混合使用されることが多く、その混合比率はフレッシュコンクリートの性状、特にブリーディングが多くなるため 20~30%程度に設定されている場合が多い。BFS の使用量を増大させる、換言すると、この比率を高くすることを目標として、ここでは微粒分が比較的多い石灰石砕砂との混合使用および空気量の調整方法によるフレッシュ性状の改善について検討した。

## 2. 実験概要

### 2.1 使用材料

セメントには普通ポルトランドセメントを使用した。骨材には表-1 に示すものを、混和剤には表-2 に示すものを、それぞれ用いた。

### 2.2 骨材の組合せ

細骨材は高炉スラグ細骨材に BFS-K と BFS-F の 2 種類を用いて、これと石灰石砕砂を組合せた。粗骨材は安山岩砕石 2005 を用いた。細骨材の組合せと空気量の調整方法の水準を表-3 に示す。

### 2.3 配合条件

水セメント比は 55%とし、スランブは 8.0±1.5cm、空気量は 4.5±0.5%とした。混和剤量はリグニン系の AE 減水剤 (N70)については単位セメント量 C×0.25%一定とした。なお、多機能型 AE 減水剤 (S15)を用いる場合には、消泡剤を併用し、S15 の添加量は C×0.4%一定とした。

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 コンクリートの配合検討

#### (1) 最適細骨材率（最適 s/a）

細骨材率とスランブとの関係を図-1 に、BFS の置換率と最適 s/a との関係を図-2 に示す。いずれの置換率においてもスランブが最大となる細骨材率を確認できた。そのスランブが最大となる最適 s/a は、BFS を 20~60%では一定となり、BFS-K の方が 2%ほど大きくなった。

#### (2) 単位水量

BFS の置換率と単位水量との関係を図-3 に示す。単

表-1 使用骨材の種類と物理的性質

骨材種類	絶乾密度 (g/cm <sup>3</sup> )	吸水率 (%)	F.M.	実積率 (%)	微粒分量 (%)
石灰石砕砂	2.63	1.17	2.49	69.0	8.3
高炉スラグ細骨材 (倉敷) BFS-K	2.72	0.38	2.11	59.6	4.2
高炉スラグ細骨材 (福山) BFS-F	2.70	0.83	2.44	55.0	2.7
砕砂品質基準	2.50 ≤	3.0 ≥	-	-	9.0 ≥
高炉スラグ品質基準	2.50 ≤	3.5 ≥	-	-	5.0 ≥
粗骨材					
安山岩砕石	2.65	0.82	6.62	60.0	0
砕石品質基準	2.50 ≤	3.0 ≥	-	-	3.0 ≥

表-2 化学混和剤の種類と主成分

混和剤種類	主成分	記号
AE減水剤	リグニンスルホン酸化合物	N70
	リグニンスルホン酸とポリカルボン酸の混合系	S15
AE助剤	アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤	AE1
	変性ロジン酸化合物系陰イオン界面活性剤	AE2
消泡剤	ポリアルキレングリコール誘導体	DF

表-3 要因と水準

要因			骨材の組合せ記号	
高炉スラグ細骨材種類	混合比率 (%) BFS : LS	空気量調整剤		
BFS-K	① 0 : 100	① AE1 単独	BFS-0	BFS-0
	② 20 : 80		BFS-K20	BFS-F20
BFS-F	③ 40 : 60	② AE2 + DF 消泡剤併用	BFS-K40	BFS-F40
	④ 60 : 40		BFS-K60	BFS-F60

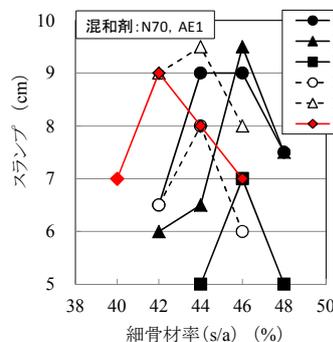


図-1 細骨材率とスランブとの関係

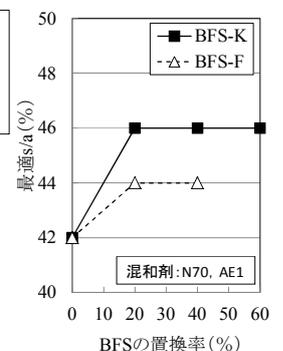


図-2 BFS の置換率と最適 s/a との関係

位水量は BFS の置換率が高くなるほど、多くなること、置換率が同一の場合には、BFS-K よりも BFS-F の方が多くなることわかる。これは石灰砕砂より BFS の粒形が角張っており、さらに BFS-F より BFS-K の方が角張っているためと考える。なお、置換率が BFS-K では 80%，BFS-F では 40%以上になると、単位水量が 175kg/m<sup>3</sup> を超え、フレッシュ性状も悪くなった。BFS-F40 では、AE 減水剤を N70 から S15 へ変更することで、単位水量は 175 kg/m<sup>3</sup> となった (図-3)。

(3) AE 助 剤および消泡剤の添加量

①AE 助剤単独使用

s/a は最適 s/a とし、空気量 4.5±1.5 % となるように AE 助剤の添加量を決定した。AE 減水剤に N70 を用いた場合の BFS の置換率と AE 助剤の量との関係を図-4 に示す。BFS を用いると、AE 助剤量が減少した。BFS を用いた場合、練混ぜ中にエントラップドエアが入りやすいため、AE 助剤量が減少したと推察される。

②AE 助剤と消泡剤の併用

N70 を用いた場合と同じ配合で、AE 減水剤を S15 に変更し、消泡剤だけを加えて空気量の減少量を確認した。消泡剤添加量と空気量との関係を図-5 に、消泡剤と AE 助剤を併用した場合の配合表を表-4 に示す。消泡剤添加率 0%の空気量は BFS-K は 5.0~8.0%，BFS-F は 2.5~4.0% となり、BFS-K の空気量は BFS-F の約 2 倍となった。これは BFS-K と BFS-F の粒度を比較すると、BFS-K の方が空気を連行しやすい粒径 0.15~0.6 mm の範囲の比率が BFS-F のそれよりも 12% 高いためと考える。この結果より、空気量は BFS-K では 3.0%，BFS-F では 1.5% が下限値と考え、それぞれの空気量下限値になるように消泡剤量を決めた、その後 AE 助剤を空気量が 4.5% となるように添加・調整して配合を決定した。

3.2 ブリーディング

BFS-K を用いた場合のブリーディング試験の結果を図-6 に示す。消泡剤と AE 剤を併用することでブリーディング量が大幅に減少していることがわかる。消泡剤で不安定な径の大きなエントラップドエアを消し、AE 剤で細かな気泡を均一に連行することで、ブリーディングが減少したと考えられる。

4. まとめ

消泡剤を用いることで、ブリーディング量が多いという高炉スラグ細骨材の短所を改善できる可能性がある

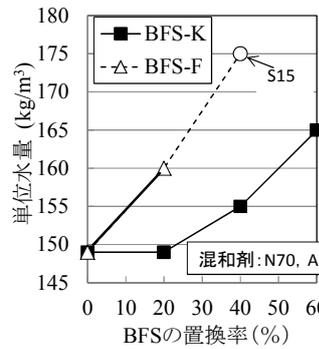


図-3 BFS の置換率と単位水量との関係

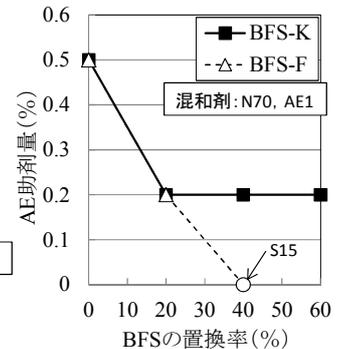


図-4 BFS の置換率と AE 助剤量との関係

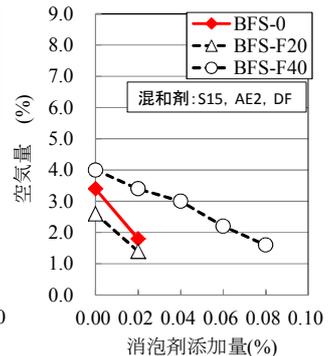
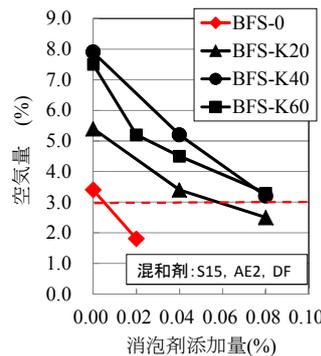


図-5 消泡剤添加量と空気量

表-4 配合表(消泡剤と AE 助剤併用)

水準	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )					AE減水剤 (S15)	AE助剤 (AE2)	消泡剤 (DF)		
			W	C	S		G					
					BFS	L						
BFS-K20	55	46	149	271	177	708	0.4	1.0	0.05			
BFS-K40		46	155	282	351	527				1025		
BFS-K60		46	165	300	517	345				1002		
BFS-F20		44	160	291	166	661				1051	0.5	0.02
BFS-F60		44	175	318	483	322				1016	0.8	0.04
BFS0		42	149	271	-	805				1115	0.5	0.02

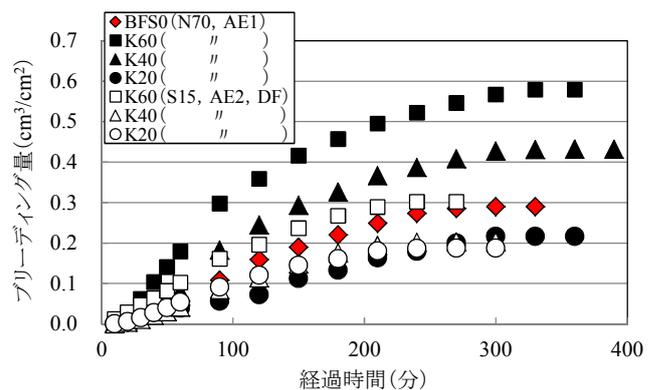


図-6 ブリーディング量(BFS-K の場合)

る。今後、強度特性および耐久性についても検討を行う予定である。