

## 高炉スラグ細骨材を使用したコンクリートの性能改善に関する研究

日本大学大学院理工学研究科 学生会員 ○熊野 文也  
 J F E ミネラル株式会社 正会員 吉澤 千秋  
 日本大学理工学部 正会員 佐藤 正己  
 日本大学理工学部 正会員 梅村 靖弘

### 1. はじめに

近年、環境の悪化や資源の枯渇への懸念から、西日本を中心に川砂や海砂の採取規制が行われ、良質な天然砂(NS)の細骨材の入手が困難になり、新たなコンクリート用細骨材の開発が必要となっている。高炉スラグ細骨材(BS)は産業副産物であり、資源有効利用の観点からもコンクリート用細骨材として期待されている。しかし、NSを使用したコンクリートと比較して、単位水量の増大や、ブリーディング量の増加、初期材齢の圧縮強度の低下が問題として挙げられる。そこで、本研究ではBSを使用したコンクリートにおいて良好なブリーディングおよび初期材齢の圧縮強度発現を確保するための、NSに対するBSの混合割合ならびにシリカフェーム(SF)の添加効果について検証した。

### 2. 研究概要

#### 2.1 使用材料と配合条件

表-1に使用材料、表-2にコンクリート配合表を示す。コンクリートの配合条件は、水結合材比(W/B)50%、細骨材率(s/a)45%、目標スランブ 10.5±2.5cm、目標空気量 4.5±1.5%、コンクリート温度 20℃とした。また、NSに対するBSの内割置換率は90%、80%、70%とした。SFは、配合BS70をベースとしてセメントに対し内割で3%混和した。また、BSを用いたコンクリートに関しては過大なエントラップトエアを消泡させるため、消泡剤(DEF)を十分に添加し、エントレインドエアを混入されるためAE剤を添加した。

#### 2.2 試験項目

- (1) フレッシュ性状：JIS A 1101 に準拠しスランブを測定し、JIS A 1128 に準拠し空気量を測定した。
- (2) ブリーディング試験：JIS A 1123 に準拠し行った。
- (3) 圧縮強度試験：測定はJIS A 1108 に準拠し、円柱供試体は寸法をφ100×200mmとした。供試体は測定材齢まで水中養生で保管した。材齢は、1日、3日、7日、28日、56日とした。
- (4) 気泡間隔係数の測定：リニアトラバース法(ASTM C 457)に準じて測定をした。φ100×200mmの供試体を28日水中養生し、打込み面から60mmの位置で切断した箇所にて測定を行った。

表-1 使用材料

材料名	備考	略称
セメント	普通ポルトランドセメント 密度 3.16 g/cm <sup>3</sup>	OPC
混和材	シリカフェーム 密度 2.20 g/cm <sup>3</sup>	SF
細骨材	陸砂 表乾密度 2.62 g/cm <sup>3</sup> 吸水率 1.09%	NS
	高炉水砕スラグ 表乾密度 2.77 g/cm <sup>3</sup> 吸水率 0.14%	BS
粗骨材	砕石 表乾密度 2.70 g/cm <sup>3</sup> 吸水率 0.39%	G
混和剤	AE減水剤 リグニンスルホン酸化合物とポリオールの複合体	SP
	AE剤 アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤	AE
	消泡剤 ポリアルキレングレコール誘導体	DEF

表-2 コンクリート配合表

配合	W/B (%)	s/a (%)	単位体積重量[kg/m <sup>3</sup> ]						混和剤			測定値	
			W	B		S		G	SP (B*)	AE (B*)	DEF (B*)	スランブ [cm]	空気量 [%]
				C	SF	NS	BS						
NS100	50	45	152	304	0	833	0	1050	1.00	0.15	0.00	13.0	5.2
BS100	50	45	173	346	0	0	838	998	1.00	0.50	4.00	10.5	4.3
BS90	50	45	172	344	0	84	753	1001	1.00	0.50	8.00	8.0	4.9
BS80	50	45	165	330	0	169	674	1019	1.00	0.50	8.00	8.0	4.7
BS70	50	45	159	318	0	255	595	1034	1.00	0.50	8.00	8.0	4.9
SF3	50	45	162	314	10	253	590	1026	1.00	0.50	8.00	12.0	5.3

### 3. 結果及び考察

#### 3.1 単位水量

図-1に各配合における単位水量を示す。BS100はNS100を約20(kg/m<sup>3</sup>)上回った。BS100とBS90は同等となったが、さらにNSの使用量の増加に伴い単位水量が減少した。これはNSを混入することにより細骨材の粒度分布が改善され流動性が上がったことに起因する。なお、全ての配合で土木学会の規定(175kg/m<sup>3</sup>)は下回った。

キーワード 高炉スラグ細骨材, シリカフェーム, 単位水量, ブリーディング, 凍結融解抵抗性

連絡先 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台1-8-14 理工学部土木工学科 TEL/FAX 03-3259-0682

### 3.2 ブリーディング試験

図-2 に各配合のブリーディング率を示す。BS80 と BS90のブリーディング率はBS100の時のブリーディング率より大きくなった。齊藤らの研究<sup>1)</sup>によると細骨材にBSとNSを混合使用したコンクリートは、BSの使用量が75%を超えると100%の場合と同様なブリーディング量となりNSの混合効果はないとされており、本結果と同様となった。BS70でもブリーディング率の低減効果は2%程度であり大きな効果は見られなかった。一方SF3はブリーディング率がNS100と同等となり、BS100の約半分となった。

### 3.3 圧縮強度試験

図-3 に圧縮強度試験の結果を示す。材齢1日では各BS配合はNS100を下回った。しかし、各BS配合の中ではSF3が最も大きくなった。材齢3日以降からはNS100に対し、各BS配合は同等かそれ以上となった。これは、高炉スラグ細骨材にある潜在水硬性の影響と推察される<sup>2)</sup>。

### 3.4 気泡間隔試験

図-4 に各配合の気泡径毎の空気量を示す。気泡径1.00mm以上の空気量ではNS100が消泡剤を使用していないため最も高くなり、BS配合ではBS100が最も多く、SF3が最も少なくなっている。図-5 に配合ごとの気泡間隔係数を示す。一般的に良好な凍結融解抵抗性を持たせるには250 $\mu$ m以下が望ましいとされているが、NS100のみが範囲内となった<sup>3)</sup>。

### 4. まとめ

BSのNSに対する内割置換率を70%にし、シリカフェームをセメントに対し内割3%混和した配合は、ブリーディング量がNS100%配合と同等となり、圧縮強度も初期材齢1日から同等以上となった。

#### [参考文献]

- (1) 斎藤秀和:高炉スラグ細骨材を使用した耐久性向上コンクリートの性質土木学会年次学術講演会講演概要集 Vol.64<sup>th</sup>, p.V-238, 2009, 8
- (2) SHI Dongsheng, 栢田佳寛, 阿部道彦, 鹿毛忠継:高炉スラグ細骨材を使用したコンクリートの圧縮強度および細孔構造に関する研究, 日本建築学会構造系論文集 No.665, p1199-1204, 2011
- (3) 日本コンクリート工学協会:コンクリートの凍結融解抵抗性の評価方法に関する研究委員会報告書, p115, 2008

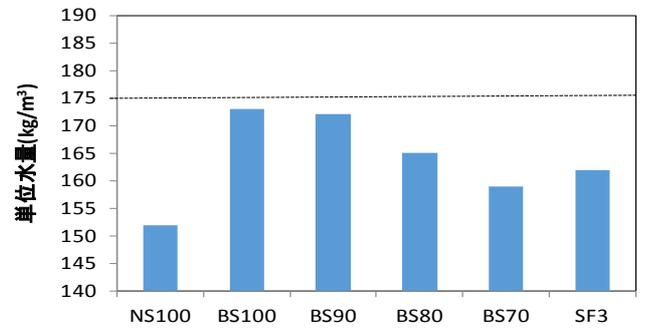


図-1 単位水量

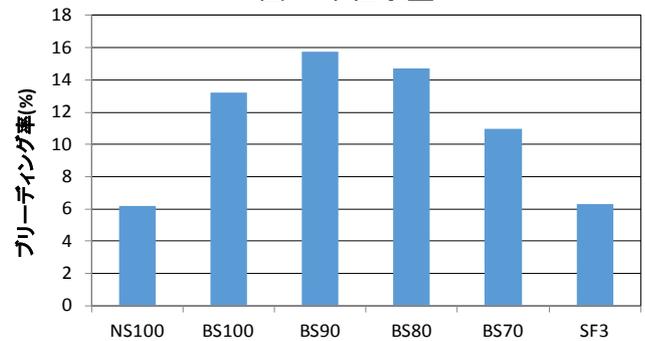


図-2 ブリーディング率

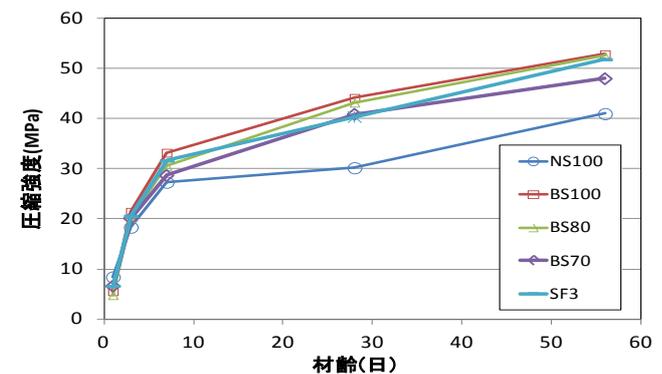


図-3 圧縮強度

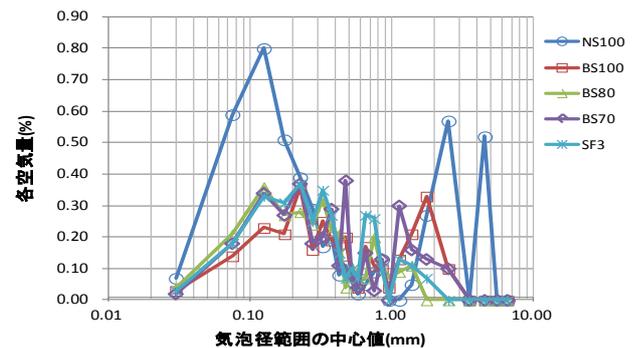


図-4 気泡径毎の空気量

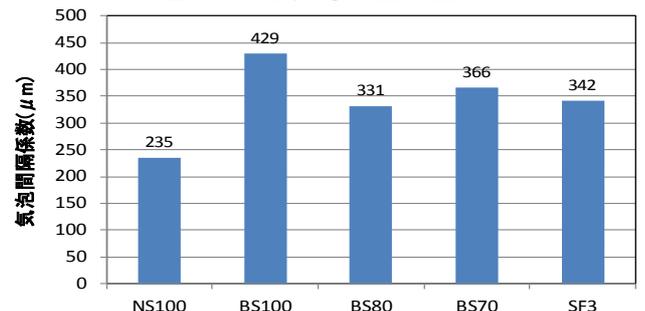


図-5 気泡間隔係数