

H1-4

高炉スラグ細骨材を使用したコンクリートの性能改善

Performance Improvement of concrete using blast-furnace slag fine aggregate

○熊野文也¹, 吉澤千秋², 佐藤正己³, 梅村靖弘³*Fumiya Kumano¹, Chiaki Yoshizawa², Masaki Sato³, Yasuhiro Umemura³

Abstract : Blast-furnace slag fine aggregate is industrial by-product, it is expected as a fine aggregate for concrete material from the viewpoint of effective utilization of resources. Problems of blast-furnace slag fine aggregate when compared to natural fine aggregate is the reduction in compressive strength at the age of early and increased bleeding amount and unit water content of concrete. This study was to investigate the effect of the addition of silica fume and optimum mixing ratio of blast-furnace slag fine aggregate and natural fine aggregate on how to solve the problem of blast furnace slag fine aggregate.

1. はじめに

近年資源の枯渇から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。天然細骨材(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。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ューム(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

Table1 に使用材料, Table2 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%, 目標スランプ 10.5±2.5cm, 目標空気量 4.5±1.5%, コンクリート温度 20°C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せるため AE 剤を添加した。

Table 1. Property of materials

Material	Remarks	Abbreviation
Cement	Ordinary portland cement Density 3.16 g/cm ³	OPC
Admixture	Silica fume Density 2.20 g/cm ³	SF
Fine aggregate	Land sand Density 2.62 g/cm ³ Absorption rate 1.09%	NS
	Blast-furnace slag fine aggregate Density 2.77 g/cm ³ Absorption rate 0.14%	BS
Coarse aggregate	Crushed rock Density 2.70 g/cm ³ Absorption rate 0.39%	G
Admixtures	Air entraining and water reducing agent	SP
	Air entraining agent	AE
	Antifoaming agent	DEF

2.2 試験項目

- (1) フレッシュ性状 : JIS A 1101 に準拠しスランプを測定し, 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測定を行った。

Table 2. Mix proportions of concrete

Mix proportion	W/B (%)	s/a (%)	Unit content[kg/m ³]						SP (B*)	AE (B*)	DEF (B*)	Slump [cm]	Air content [%]
			W	B		S		G					
				OPC	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

1 : 日大理工・院(前)・土木, 2 : JFE ミネラル株式会社, 3 : 日大理工・教員・土木

3. 結果及び考察

3.1 単位水量

Figure1 に各配合における単位水量を示す。BS100 は NS100 を約 20(kg/m³) 上回った。BS100 と BS90 は同等となったが、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あ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/m³) は下回った。

3.2 ブリーディング

Figure2 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 のブリーディング率より大きくなった。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 と同等となった。

3.3 圧縮強度

Figure3 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¹⁾。

3.4 気泡分布

Figure4 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。Figure5 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 μ 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²⁾。

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) SHI Dongsheng,他: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
- (2) 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

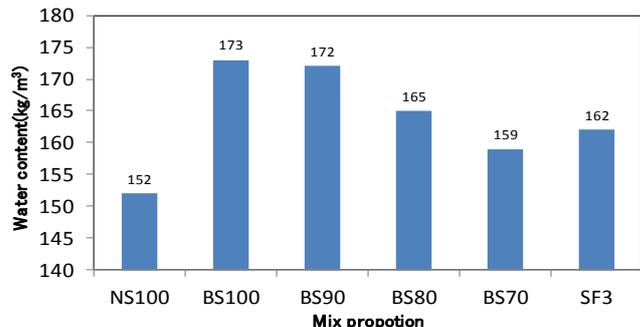


Figure 1. Water content per unit volume of concrete

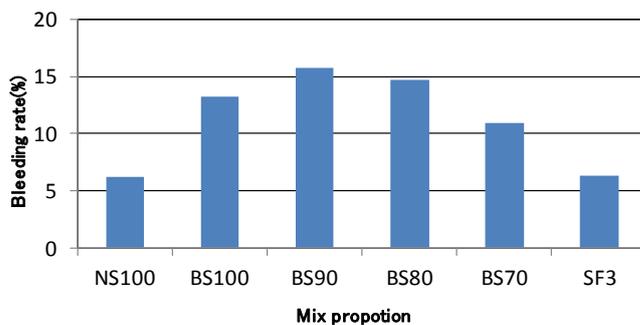


Figure 2. Bleeding rate

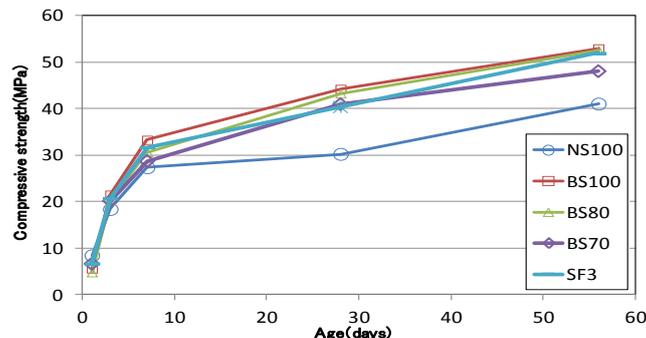


Figure 3. Compressive strength

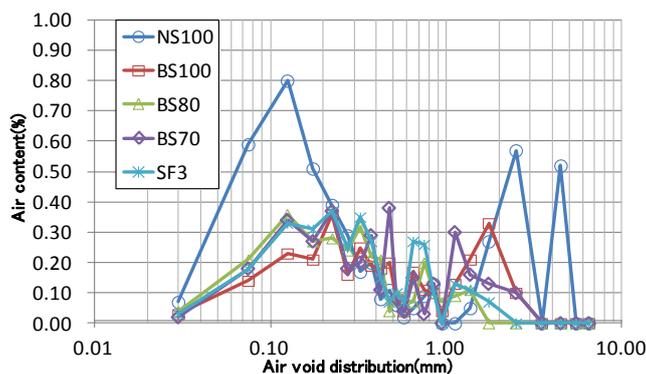


Figure 4. Air void distribution

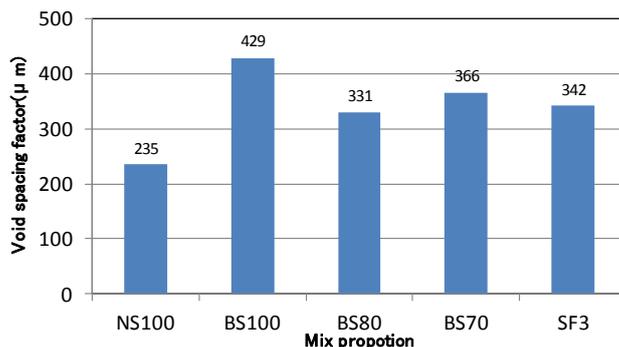


Figure 5. Air void spacing factor