

高炉スラグ微粉末を結合材とした環境配慮型コンクリートの強度特性および耐久性

大成建設 正会員 ○岡本 礼子, 正会員 武田 均
 正会員 宮原 茂禎, フェロー 丸屋 剛

1. はじめに

コンクリート製造にかかわる CO₂ 排出量を低減するために、混和材の置換率を高めたコンクリートが盛んに研究され、実用化され始めている。本研究ではコンクリート製造にかかわる CO₂ 排出量のさらなる削減を目的として、コンクリートの結合材に高炉スラグ微粉末のみを使用した環境配慮型コンクリートを開発した。高炉スラグ微粉末に対する数種類のアルカリ刺激剤の効果を比較検討した結果、最も強度発現性に優れたアルカリ刺激剤として炭酸ナトリウム (Na₂CO₃) を使用した。本報告では、今回開発した環境配慮型コンクリート(以下 BFS100 とする)の強度特性、耐久性試験結果を報告する。

2. 配合および検討項目

表-1 に示す配合を用いてコンクリート試験体を作成し、強度特性、耐久性について

表-1 配合表

	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)							
			W	BFS	OPC	LSP	細骨材	粗骨材	混和剤	刺激剤
BFS100	50	43	165	330		141	699	941	4.71	33.0
OPC100			165		330	141	712	958	1.18	

BFS:高炉スラグ微粉末, LSP:石灰石微粉末, OPC:普通ポルトランドセメント
 細骨材:表乾密度2.65, 吸水率1.58, 粗骨材:表乾密度2.66

での検討を行った。高炉スラグ微粉末(比表面積 4540cm²/g, 石こう添加無)は市販のものを使用した。表-1 に示すように、比較用として、高炉スラグ微粉末を普通ポルトランドセメントで置換したコンクリート試験体(以下 OPC100 とする)を作製した。



図-1 BFS100 のフレッシュ性状試験結果

今回開発した BFS100 は予備試験から、凝結が普通コンクリートよりも遅いことが分かっているため、材齢 6 日で脱型し、その後は各種試験開始まで封かん養生(20℃)した。OPC100 についても同条件とした。

圧縮強度、曲げ強度、引張強度を確認するため、JIS 規格に準じて試験した。また、耐久性の確認のため、促進中性化試験(JIS A 1152)、凍結融解試験(JIS A 1148 A 法)、電気泳動試験(JSCE-G 571)を行なった。

3. 試験結果

(1) フレッシュ性状

BFS100 と OPC100 のフレッシュ性状を図-1 に示した。スランプ、空気量共に BFS100 は普通コンクリートと同様のフレッシュ性状を得ることが出来た。

(2) 凝結特性試験

自動凝結測定装置を使用して凝結時間測定を行った結果を図-2 に示す。BFS100 では始発、終結時間が OPC100 と比較して遅くなることが分かった。終結時間は約 48 時間であった。

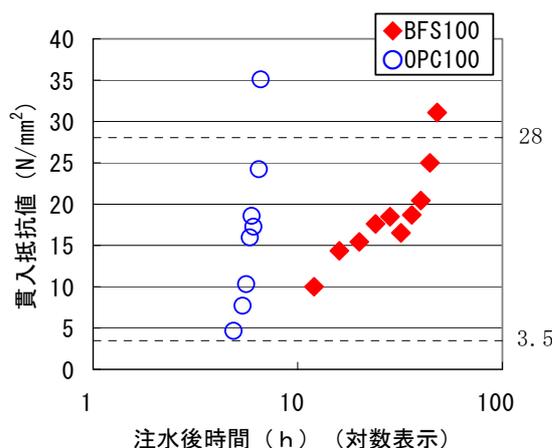


図-2 凝結試験結果

キーワード 高炉スラグ微粉末, アルカリ刺激剤, CO₂ 排出量, 凝結, 中性化, 凍結融解, 実効拡散係数
 連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 土木技術研究所 TEL045-814-7228

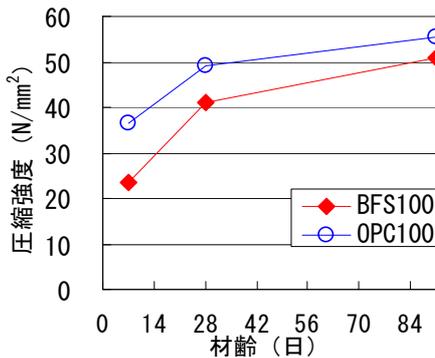


図-3 圧縮強度試験結果

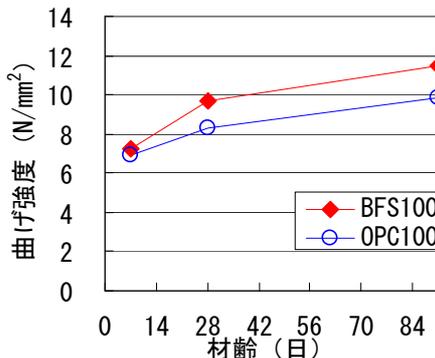


図-4 曲げ強度試験結果

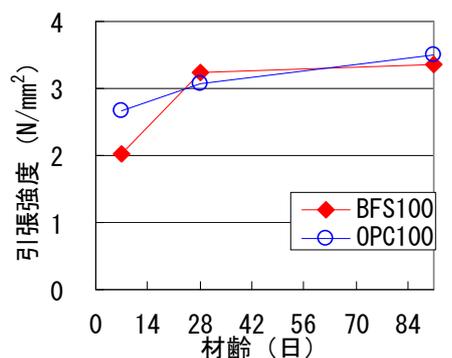


図-5 引張強度試験結果

(3) 強度特性試験

BFS100 と OPC100 の強度試験結果を図-3～図-5 に示す。BFS100 は初期の強度発現性は遅いが、91 日材齢の強度は 50.9N/mm² であり、OPC100 の90%以上の強度を示した。各材齢における曲げ強度、引張強度については OPC100 とほぼ同等の結果となった。

(4) 耐久性試験

1) 促進中性化: 促進中性化試験 8 週後の結果を図-6 に示すとおりとなった。BFS100 では中性化深さは 41.5mm と非常に大きくなった。BFS100 では普通ポルトランドセメントをまったく使用しておらず、X 線回折による同定の結果、高い pH を保持するために必要な Ca(OH)₂ がほとんど生成されていなかった。このため、細孔溶液中のアルカリイオンと侵入した炭酸イオンとの間で中和反応が進行し、pH 低下が早期に生じたと考えられる¹⁾。

2) 凍結融解抵抗性: 凍結融解試験の結果を図-7 に示す。BFS100 は試験の規定回数である 300 サイクルを終了した時点で相対動弾性係数は 91%であり、OPC100 よりも耐凍害性に優れる結果であった。

3) 電気泳動による塩化物イオンの実効拡散係数: 実効拡散係数の測定結果を表-2 に示す。BFS100 の実効拡散係数は 0.220cm²/year であり、OPC100 の約 1/5 であった。今後、塩害に関しては塩化物イオンの固定化等を考慮した見かけの拡散係数や腐食発生限界濃度についても確認する必要があるが、今回開発した BFS100 は普通コンクリートよりも高い塩化物イオンの浸透抵抗性が期待できると考えられる。

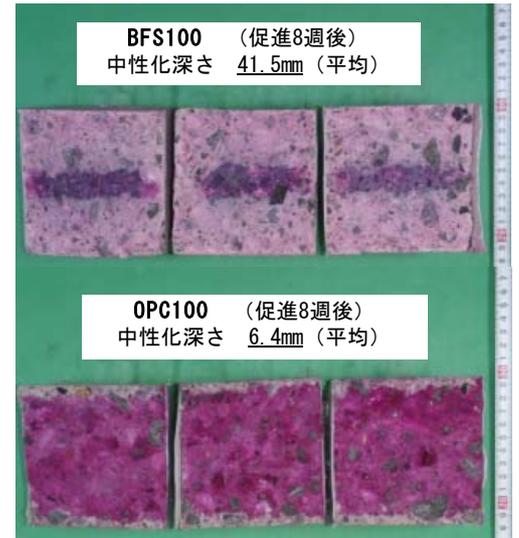


図-6 促進中性化試験結果

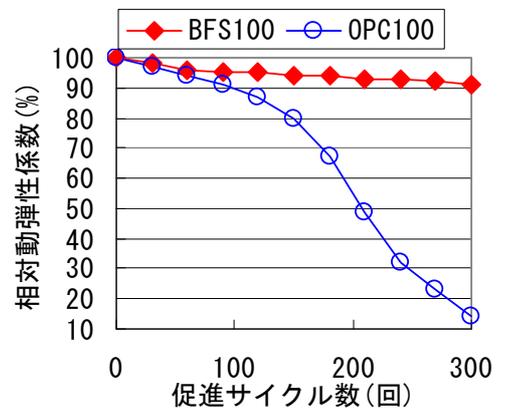


図-7 凍結融解試験結果

表-2 実効拡散係数測定結果

実効拡散係数 (cm ² /year)	
BFS100	0.220
OPC100	1.057

4. まとめ

今回開発した環境配慮型コンクリートは特別な養生を必要とせず普通ポルトランドセメントを用いたコンクリートとほぼ同等の強度特性を得ることが出来た。また、耐久性については凍害、塩化物イオンの浸透抵抗性が期待できることがわかった。中性化の早期進行の可能性があるので、使用する環境、部位等への配慮は必要であると考えられる。現在、自己収縮量やアルカリシリカ反応への抵抗性を確認中である。これらの結果により更なる改良を行い、実構造物への適用を検討していく所存である。

参考文献

1) 佐々木崇ら: アルカリイオン濃度に基づくコンクリートの炭酸化による pH 遷移に関する解析的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol. 25, No. 1, 2003