

# 金属製錬スラグ細骨材を用いた粉体系高流動コンクリートの凍結融解抵抗性に関する研究

八戸工業大学 学生員 高橋 良太郎  
 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  
 太平洋セメント(株) 正会員 徳橋 一樹

## 1 はじめに

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タイプの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。しかし、これまでの高流動コンクリートに関する研究の多くが、自己充てん性能などに主に焦点をあて進められてきたこともあり、耐久性などの特性については十分に明らかにされていない面もある。一方で資源のリサイクル、積極的な有効利用といった気運の高まりから、産業副産物をコンクリート用材料として利用するための研究が鋭意進められている。そして、高炉スラグ細骨材およびフェロニッケルスラグ細骨材の JIS 改訂とともに、1997 年 8 月、銅スラグ細骨材が「コンクリート用スラグ骨材」の一部として JIS A 5011 に統合規格化されるに至った。一般に、このようなスラグ細骨材を単味で用いたコンクリートは、その練混ぜ時に天然の細骨材より比較的粗大な気泡を多く巻き込み、粗い気泡組織が形成され、耐凍害性などの耐久性への影響に十分な注意が必要であると考えられている。そこで本研究は、上述したスラグ細骨材を用いた粉体系高流動コンクリートの凍結融解抵抗性について、気泡分布特性の観点から実験的に明らかにすることを目的としたものである。

## 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、高炉スラグ(BFS)細骨材(密度 2.67g/cm<sup>3</sup>、F.M.2.35) フェロニッケルスラグ(FNS)細骨材(密度 2.97 g/cm<sup>3</sup>、F.M.2.48)および銅スラグ(CUS)細骨材(密度 3.63 g/cm<sup>3</sup>、F.M.2.20)を用いた。さらに比較用および混合用に石灰岩砕砂(F.M.2.55,密度 2.67g/cm<sup>3</sup>)を使用した。粗骨材は、最大寸法 20 mmの硬質砂岩砕砂を使用した。なお、これらスラグ細骨材は、細骨材の絶対容積に対し、0%、50%、100%の割合で混合して用いた。コンクリートに流動性およびスランプ保持性を付与する目的でポリカルボン酸系の高性能 AE 減水剤、さらに、空気連行助剤として天然樹脂酸塩を主成分とする AE 剤を使用した。

### 2-2 実験方法

コンクリートのスランプフローは 700 ± 50 mm、V 型漏斗流下時間は 10~20 秒、ボックス充てん高さはボックス容器障害 R1 300 mm以上を目標とした。その配合の一例を表-1 に示す。また目標空気量は 4%を基本とし、フレッシュコンクリートの練混ぜ時(略称:T)および AE 剤(略称:A)の添加量を変え目標空気量を 5%としたコンクリートについて実験を行った。凍結融解抵抗試験は、材齢 28 日間の水中養生後、ASTM C 666 A 法に準じて水中凍結水中融解により、1 サイクルの所要時間を約 4 時間として、相対動弾性係数の測定結果より、凍結融解 300 サイクル時の耐久性指数(D.F.)を求めた。なお、硬化コンクリートの気泡組織の測定は、ASTM C 457 のリニアトランス法に従い実施した。

表 - 1 配合一覧

配合名	WP (%)	WC (%)	単位粗骨材絶対容積 (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	単位量(kg/m <sup>3</sup> )										
				水 W	セメント C	石灰石微粉末 L	細骨材				粗骨材 G	混和剤		
							砕砂	BFS	FNS	CUS		高性能 AE減水剤	AE剤 (g/m <sup>3</sup> )	
Control-4	82	55	267	165	300	286	873	—	—	—	706	4.39	880	
Control-5			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2050	
BFS-50-4			265	167	304	289	433	433	—	—	701	4.45	1190	
BFS-50-5			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2050	
BFS-100-4			263	169	307	293	—	860	—	—	695	4.50	1200	
BFS-100-5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3000		
FNS-100	86	—	—	0.280	155	282	245	—	—	1017	—	756	6.06	1318
CUS-100	90	—	—	0.270	170	309	247	—	—	—	1199	730	6.39	2500

キーワード：高流動コンクリート、スラグ細骨材、凍結融解抵抗性、気泡分布

連絡先 〒031-8501 八戸市大字妙字大開 88-1

0178-25-3111 FAX 0178-25-0722

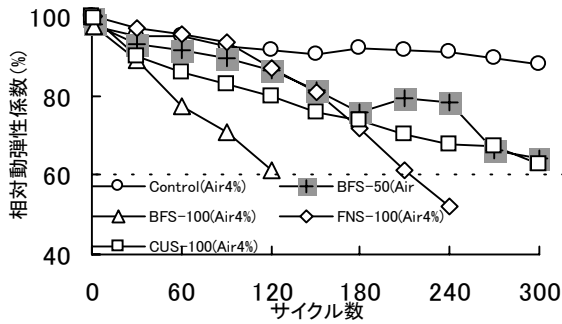


図1 相対動弾性係数とサイクル数の関係(Air 4%)

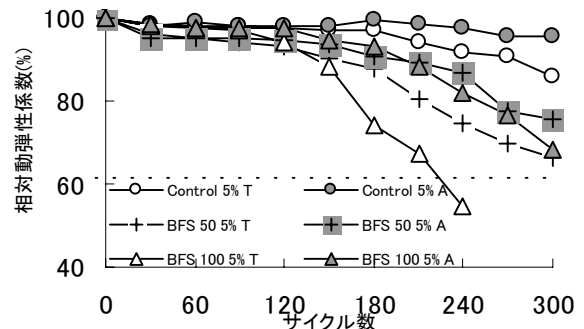


図2 相対動弾性係数とサイクル数の関係(Air 5%)

3 実験結果

図1は、凍結融解試験結果を示したものである。目標空気量を4%としたコンクリートのケースでは、いずれのスラグ細骨材を用いた場合でも、その混合率の増加に伴い耐凍害性は低下する傾向を示した。特に BFS 細骨材を単味(100%)で使用した場合には著しく低下する傾向が見られた。そこでコンクリートの耐凍害性に及ぼす空気泡の影響を確認するために、フレッシュコンクリートの練混ぜ時間および AE 剤の添加量を変化させ目標空気量を5%としたコンクリートの凍結融解試験を実施した。

図2はその結果を示したものであり、一例として BFS 細骨材を用いたケースについて示した。AE 剤の添加量を変化させ、空気量を5%とした配合では凍結融解300サイクル到達時で相対動弾性係数は60%以上を維持することが確認された。

図3は硬化コンクリートの気泡分布性状の一例として BFS 細骨材を用いたケースについて示したものである。この図に見られるように、AE 剤により空気量を変化させ5%に調整したケースは、練混ぜ時間を変化させ空気量5%としたケースより、耐凍害性に寄与されると考えられ、微細な空気泡が連行されていることが確認される。

図4は気泡間隔係数と D.F.値との関係、図5は硬化後の空気量と D.F.値との関係を示したものである。この図に示されるように気泡間隔係数が300μm以上、硬化後の空気量が5%以下になると耐凍害性は低下する傾向が確認された。

4 まとめ

本実験に使用した材料での粉体系高流動コンクリートの耐凍害性を確保するためには、気泡間隔係数で300μm程度以下、硬化後の空気量が5%以上が望まれる。このことにより、これらのスラグ細骨材の特性を十分に理解し、適切な空気量を連行させ気泡間隔係数に注意することでスラグの種類、混合率を変化させても十分な耐凍害性が確保できるものと考えられる。

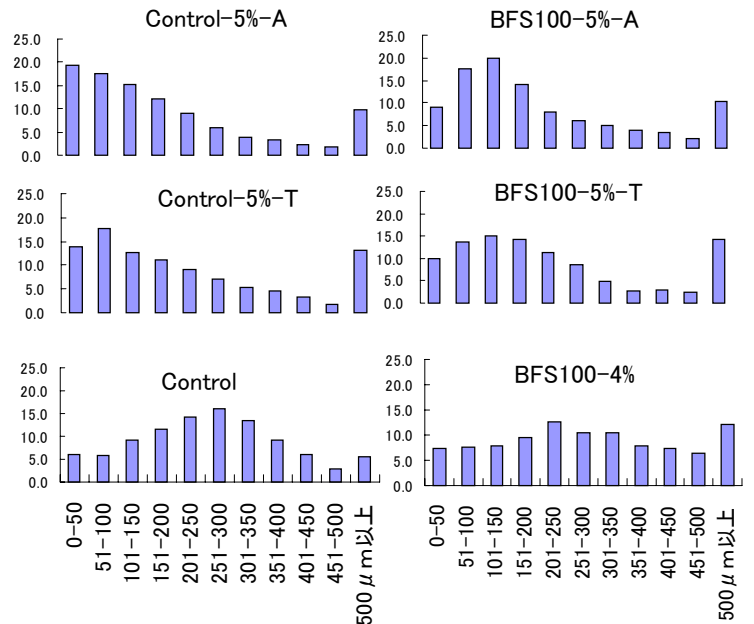


図3 気泡分布性状(BFS 細骨材)

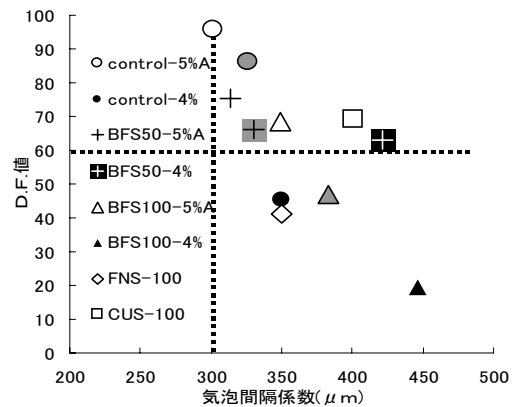


図4 気泡間隔係数と D.F. 値の関係

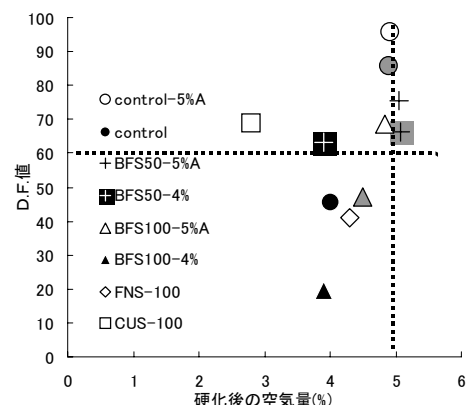


図5 硬化後の空気量と D.F. 値の関係