

# スラグ細骨材を用いた粉体系高流動コンクリートの気泡組織と凍結融解抵抗性

太平洋セメント(株) 正会員 徳橋 一樹  
 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

## 1 はじめに

近年、コンクリート構造物の供用される環境は年々厳しさを増しており、その要求される性能や機能も多様化してきている。そのような背景のもと、高性能コンクリートの一つとして、コンクリートの施工性の改善を主目的とした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。一方で、銑鉄やニッケル合金、さらに銅などの製錬に際して副産物として生成される各種スラグ細骨材の利用研究が進展し、1997年、高炉スラグ細骨材、フェロニッケルスラグ細骨材および銅スラグ細骨材がJIS A 5011『コンクリート用スラグ骨材』として統合規格化されるにいたった。そこで本研究は、これらスラグ細骨材を粉体系高流動コンクリートに適用した場合の気泡特性や凍結融解抵抗性について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

表1 配合表

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(F.M.2.35、密度2.67g/cm<sup>2</sup>)とフェロニッケルスラグ

配合名	W/P (%)	W/C (%)	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			セメント				細 骨 材				粗骨材 G	混和剤	
				W	C	L	NS	BFS	FNS	CUS	高性能 AE 減水剤	AE 剤 (g/m <sup>3</sup> )					
Control	73	55	0.239	165	300	353	882	-	-	-	631	6.53	1960				
BFS - 50			0.236	168	305	359	435	435	-	-	623	6.65	1990				
BFS - 100			0.233	171	311	366	-	860	-	-	616	6.77	2030				
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				

(FNS)細骨材(F.M.2.48、密度2.97g/cm<sup>2</sup>)と銅スラグ(CUS)細骨材(F.M.2.20、密度3.63g/cm<sup>2</sup>)を用いた。さらに比較用および混合用に川砂(F.M.3.06、密度2.67g/cm<sup>2</sup>)を使用した。粗骨材は、最大寸法20mmの石灰岩砕石および硬質砂岩砕石を使用した。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。コンクリート、スランプフロー700±50mm、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以上、空気量4%および5%を目標とした。その配合を表1に示す。なお、コンクリートの空気量は、ミキサの練混ぜ時間を変化させて調整している。

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で行った。試験では供試体中心温度を5 から -18 度に約2.5時間で低下させ、また-18度から5 に約1.5時間で上昇するものとし、1サイクル約4時間とした。そ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.値)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のリニアトラバース法に従いトラバース長を約2700mmとして実施した。

## 3 実験結果

図1および図2は、Air4%および5%のケースにおける凍結融解試験結果を示したものである。この図に見られるように、Air4%のケースでは、いずれのスラグを用いた場合もスラグ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、高炉スラグ細骨材単味(100%)を使用した場合には、著しく低下する傾向を示した。

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 TEL 0178-25-3111 FAX 0178-25-0722

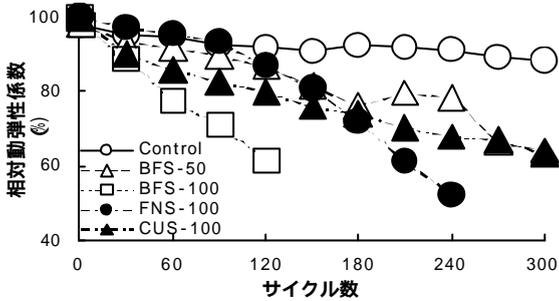


図-1 凍結融解試験結果(Air 4%)

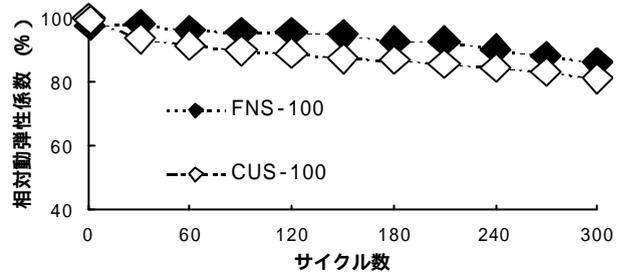


図-2 凍結融解試験結果(Air5%)

しかし FNS 細骨材および CUS 細骨材を用いた場合には、Air5%を確保する事によって十分な耐凍害性が得られることが確認された。

表-2 空気量、気泡間隔係数および D.F. 値(Air4%)

配合名	フレッシュコンクリート	硬化後の空気量(%)	気泡間隔係数(μm)
Control	4.2	4.1	342
BFS - 50	4.0	4.0	421
BFS - 100	4.0	3.9	446
FNS - 100	4.0	4.3	350
CUS - 100	4.0	2.8	401
FNS - 100(目標 5%)	5.0	5.0	270
CUS - 100(目標 5%)	5.1	4.0	326

表 2 は、Air4%の場合におけるフレッシュコンクリートの空気量、硬化後の空気量、気泡間隔係数および D.F 値を表わしたものである。この表よりスラグ混合率の増加に伴い気泡間隔係数が増大する傾向を示し、それともない D.F 値も低下しているのが分かる。また、CUS 細骨材を用いたコンクリート空気量は、硬化後に 2.8%と大きく減少したが、それは細骨材の密度が大きいことや骨材表面がガラス質であることによるものと考えられる。

図 3 は、BFS、FNS 細骨材および天然砂 (Control) を用いた硬化コンクリートの気泡分布を示したものである。(Air4%)この図に見られるように FNS 細骨材を用いた場合には Control コンクリートと比べて 250 μm までの気泡径が比較的均等に存在しているが 500 μm 以上の大きな気泡径も多く存在しているのが確認される。また、BFS 細骨材ケースは Control コンクリートと比べて全体的に粗大な気泡が多く練混ぜ時に巻き込まれた粗大な空気 (エントラップトエア) の影響が大きいと考えられる。このように細骨材種類の違いによる気泡組織の変化により、コンクリートの耐凍害性が大きく変化したものと考えられる。

4 まとめ

スラグ細骨材の種類により、そのコンクリートの空気連行特性は大きく異なる事が分かった。しかし、その特性を十分理解し、適切な空気量を連行させることにより各スラグの種類および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。

参考文献 1)土木学会：高流動コンクリート指針 1998

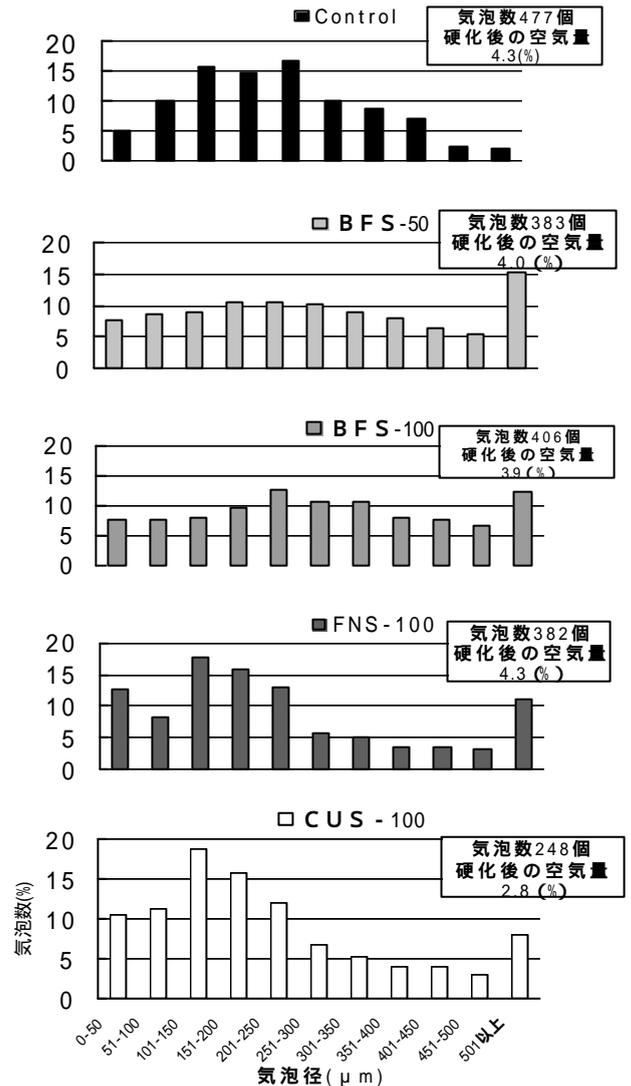


図-3 スラグ細骨材を用いた高流動コンクリートの気泡分布 (Air4%)