

V - 1 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

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

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^3 、F.M. 2.35) フェロニッケルスラグ(FNS)細骨材(密度 2.97g/cm^3 、F.M. 2.48)の銅スラグ(CUS)細骨材(密度 3.63g/cm^3 、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^3)を使用した。粗骨材は、最大寸法 20 mm の硬質砂岩碎石を使用した。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。

2-2 実験方法

コンクリートのスランプフローは $700 \pm 50\text{ mm}$ 、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% としコンクリートについて実験を行った。コンクリートの空気量は、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

表-1 配合一覧

配合名	WP (%)	WC (%)	単位 粗骨材 総容積 (m^3/m^3)	単位量(g/m^3)								添剤	
				水 W	セメント C	石灰石 微粉末 L	細骨材				粗骨材 G	高性能 AE減水剤	AE剤 (g/m^3)
							砕砂	BFS	FNS	CUS			
Control-4	82	55	267	165	300	286	873	—	—	—	706	439	880
Control-5			265	167	304	289	433	433	—	—	701	445	2050
BFS-50-4			265	167	304	289	433	433	—	—	701	445	1190
BFS-50-5			265	167	304	289	433	433	—	—	701	445	2050
BFS-100-4			263	169	307	293	—	860	—	—	695	450	1200
BFS-100-5			263	169	307	293	—	860	—	—	695	450	3000
FNS-100	86	—	0.280	155	282	245	—	—	1017	—	756	606	1318
CUS-100	90	—	0.270	170	309	247	—	—	—	1199	730	639	2500

Control の配合を利用してスラグ細骨材の混合率を 50%、100% と変化させた。

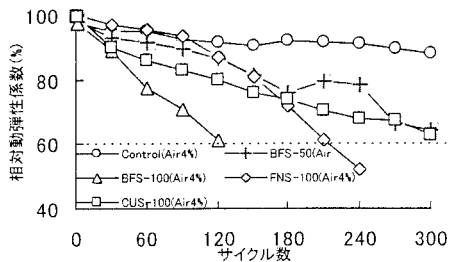


図1 相対動弾性係数とサイクル数の関係 (Air 4%)

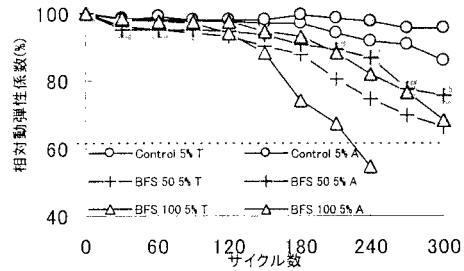


図2 相対動弾性係数とサイクル数の関係 (Air 5%)

3 実験結果

図1は、凍結融解試験の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300 μm 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を示した。

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300 μm 程度以下、硬化後の空気量で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。

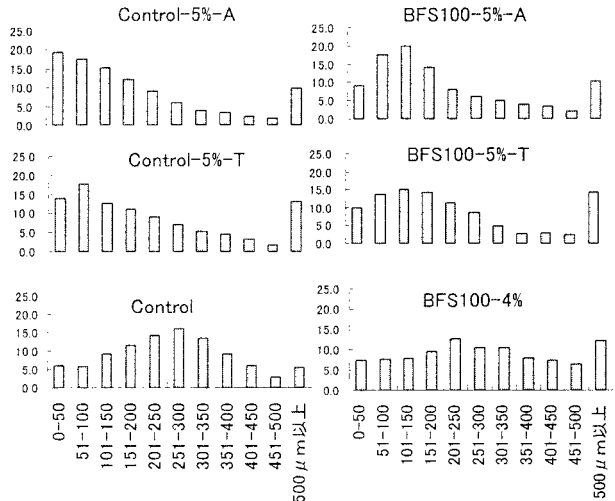


図3 気泡分布性状(BFS 細骨材)

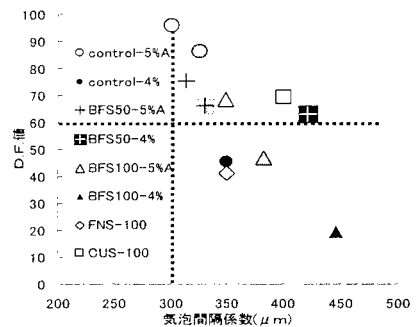


図4 気泡間隔係数 D.F 値との関係

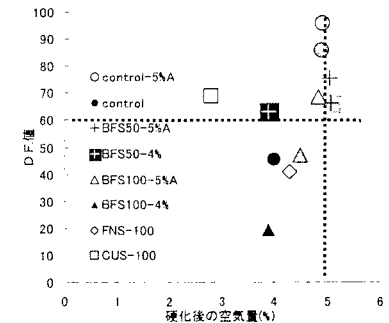


図5 硬化後の空気量と D.F.値との関係