

環境配慮コンクリートの凍結融解抵抗性に空気連行剤が与える影響について

大成建設(株) 土木技術研究所 正会員○岡本 礼子, 正会員 大脇 英司
正会員 宮原 茂禎, 正会員 荻野 正貴

1. 目的

著者らが開発を行ってきた環境配慮コンクリートは、ポルトランドセメントを使用せず、高炉スラグ微粉末が主たる結合材である。これまでの耐久性試験の結果などから、高炉セメント B 種を用いたコンクリートとほぼ同程度の耐久性を持つことを確認している¹⁾。本研究では、セメントを使用していない環境配慮コンクリートの凍結融解抵抗性に空気連行剤 (AE 剤) がどのような影響を与えるかを確認するための検討を行った。その結果、添加する AE 剤の種類と添加量が凍結融解抵抗性に影響を与えることが分かった。適切に AE 剤を使用すれば、環境配慮コンクリートは、十分な凍結融解抵抗性を有することも分かった。

2. 配合および検討項目

環境配慮コンクリートの材料と配合を表-1 および表-2 に示す。今回の検討では、表-1 に示す 3 種類の AE 剤について、凍結融解抵抗性に与える効果を検討した。試験項目は表-3 に示すとおりである。

表-1 使用材料

材料	記号	仕様等
水	W	水道水
高炉スラグ微粉末	BFS	無水せっこう添加
刺激材	ST	石灰系化合物
細骨材	S	山砂, 砕砂混合 : 密度 2.62g/cm ³
粗骨材	G	混合碎石 : 密度 2.66g/cm ³
化学混和剤	Ad1	高性能 AE 減水剤
	Ad2	減水剤 (遅延型)
	空気連行剤	AE1 陰イオン界面活性剤
		AE2 陰イオン界面活性剤
		AE3 陰イオン界面活性剤と非イオン界面活性剤の複合体

3. 試験結果

1) フレッシュ性状

コンクリートの目標フレッシュ性状は練上がり 60 分後で空気量 6%±1.5%, スランプ 16cm±2.5cm とした。空気量の経時変化は表-4 のとおりである。AE1 は練上がり後 60 分での空気量の目標値を満足した。AE2 は添加量の変更により空気量を調整でき、今回の添加量ではいずれも目標を満足した。AE3 は練上がりでは目標を満足したが、60 分後まで適切に保持することが出来なかった。添加量を変えても目標を満たすことは出来なかった。なお、スランプへの AE 剤の種類と添加量の影響は小さく、いずれの配合も目標を満足した。

表-2 配合

W/P	s/a	単位量(kg/m ³)				
		W	P		S	G
			BFS	ST		
0.36	0.4	155	333	99	728	940

2) 硬化後物性

前項のフレッシュ性状の試験結果から、目標空気量 (6%±1.5%) を確保することが出来た、AE1 を 0.0035%/P 添加した AE_035 と AE2 が 0.021%/P の AE2_21 について、硬化後物性試験を行った。また、コンクリートの空気量が減量した場合 (練上がり時空気量 5%) の硬化後物性への影響を確認するために AE2_12 についても同じく試験を行った。材齢 28 日における圧縮強度試験結果は、3 ケースとも約 35N/mm² であり、

表-3 試験項目

	試験項目	試験規準等
硬化前	スランプ	JIS A 1101
	空気量	JIS A 1128
硬化後	圧縮強度	JIS A 1108 (材齢 28 日)
	凍結融解試験	JIS A 1148 (A 法)
	気泡間隔係数測定	リニアトラバース法 (ASTM C457-2006)

キーワード 空気連行剤, 凍結融解抵抗性, 気泡間隔係数, 高炉スラグ微粉末

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 土木技術研究所 TEL. 045-814-7231

AE 剤の種類とその添加量の違いによる圧縮強度への影響はないと考えられた (表-4).

次に、凍結融解促進試験の結果を図-1 に示す. AE1_035 は 150 サイクル付近から相対動弾性係数が大きく低下を始め、240 サイクル以後は測定出来なかった. AE2_21 は 300 サイクルの試験終了時の相対動弾性係数が 91.0%であり、十分な凍結融解抵抗性を有することが分かった. 同じ AE 剤を用いて練上りの空気量を 1%減じると (AE2_12), 180 サイクルまでは相対動弾性係数が 89.3%と良好であったが、210 サイクルで相対動弾性係数が低下を始め、240 サイクル以降は測定不能となった. このことから、環境配慮コンクリートの凍結融解抵抗性を保つためには AE 剤の種類と空気量 (添加量) の双方が重要であった.

AE 剤の種類と添加量の違いによるコンクリートへの影響について、気泡間隔係数を測定してより詳細に調べた. 材齢 28 日における測定結果を表-5 に示す. 一般に、耐凍害性に優れたコンクリートとするためには気泡間隔係数を 250 μ m 以下とすることが推奨される²⁾. AE1_035 と AE2_12 はともに 250 μ m 以下であったが、AE1_035 では凍結融解促進試験 210 サイクルで相対動弾性係数が 60%以下となった. このため気泡間隔係数だけでなく、気泡径分布にも着目して比較した (図-2). AE2_21 では最も多く分布する気泡径が 0.050~0.10mm であり、AE1_035 と AE2_012 が 0.10~0.15mm であったことと比較して、気泡径が小さいことが分かった. 環境配慮コンクリートの凍結融解抵抗性を保つためには、空気量の管理だけでなく、エントレインドエアの気泡径分布の確認が重要であった.

4. まとめ

環境配慮コンクリートにおいて凍結融解抵抗性を確保するためには、微細な (0.05~0.10mm) エントレインドエアを中心に 6%前後の空気量を連行できる AE 剤を選定する必要があり、適正な AE 剤を使用すれば十分な凍結融解抵抗性を持つコンクリートを得られることが明らかになった.

参考文献

1) 岡本礼子ほか：高炉スラグ微粉末とカルシウム系刺激材を使用した環境配慮型コンクリートの物性について、コンクリート工学年次論文集, Vol.35, No.1, pp.1981-1986, 2013
2) 長谷川寿夫, 藤原忠司：コンクリート構造物の耐久性シリーズ 凍害, 技法堂出版, pp.62-68, 1988

表-4 コンクリートの空気量

試料名	AE 剤 添加量 (mass%/P)	練上がり後 経過時間 (min)			圧縮強度 (N/mm ²)
		0	30	60	
AE1_035	0.0035	5.7	5.0	4.9	35.0
AE2_12	0.012	5.0			35.9
AE2_21	0.021	6.0	5.9	5.6	34.2
AE2_30	0.030	6.8	6.1	5.6	
AE3_12	0.012	5.0			
AE3_16	0.016	5.5		4.2	
AE3_20	0.020	5.6	4.6	4.3	
AE3_24	0.024	5.2			

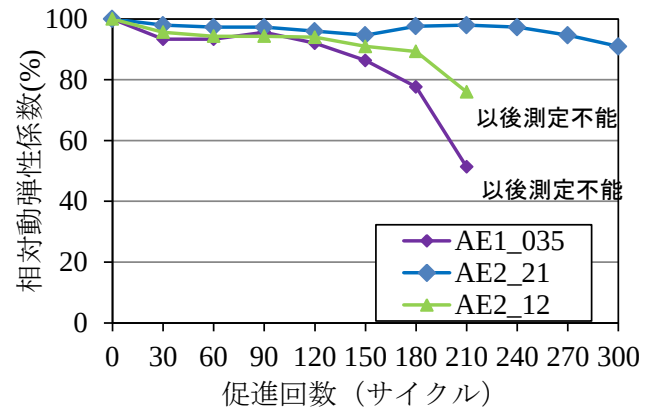


図-1 凍結融解試験結果

表-5 気泡間隔係数と硬化後空気量

試料名	気泡間隔係数 (μ m)		硬化後空気量 (%)	
AE1_035	253	216	5.3	6.3
AE2_12	330	321	4.8	4.7
AE2_21	203	244	6.3	6.1

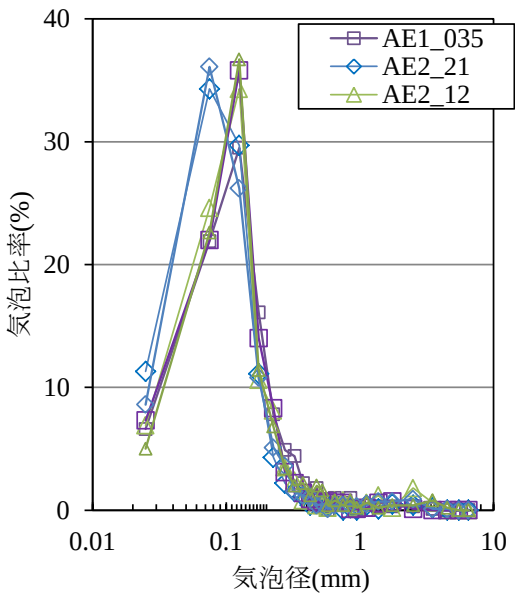


図-2 気泡径と気泡比率