

消泡剤と AE 剤を併用した気泡制御がコンクリートの凍結融解抵抗性に与える影響

竹本油脂株式会社
竹本油脂株式会社
岩手大学

正会員
非会員
正会員

○齊藤 和秀
齋藤 亮佑
小山田 哲也

正会員
フェロー

小林 竜平
羽原 俊祐

1. はじめに

ポリカルボン酸系ポリマーを主成分とする高性能 AE 減水剤は空気連行性が高く、連行される気泡が粗大化するため消泡剤を添加して粗大な気泡の巻込みを抑制し AE 剤で微細なエントレインドエアを連行することが一般的であり¹⁾、市販の高性能 AE 減水剤は一定量の消泡剤成分を含有したものが多い。しかし、消泡剤と AE 剤の併用による気泡制御がコンクリートの凍結融解抵抗性に与える影響についての研究報告は少ない。そこで本稿は、消泡剤と AE 剤の併用が凍結融解抵抗性を向上させること、および通常の AE 剤よりも小さい気泡を連行する AE 剤²⁾を用いることによりさらに凍結融解抵抗性が向上することを確認した結果を報告する。

2. 実験概要

実験の組合せを表-1、使用材料を表-2 に示す。消泡剤は高性能 AE 減水剤に混合して使用した実績のあるもの(AF)を用いた。6.0F0AE1 は通常の AE 剤(AE1)のみを用いて空気量を 6%程度に調整した場合の効果を、4.5F1AE1 および 4.5F1AE2 は消泡剤と AE 剤を併用した場合の効果と AE 剤の種類の違いを、3.0F1AE2 は小さい気泡を連行するタイプの AE 剤(AE2)を用いて設定空気量が少ない場合の効果を確認した。コンクリートの配合を表-3 に示す。配合は一般的な土木用のコンクリートを想定し、消泡剤および AE 剤を無添加で練混ぜ直後の空気量が 4.5%程度になるように設定した。目標スランブは 15±2.5cm、目標空気量は設定空気量±0.5%、コンクリート温度は 20℃とした。スランブは SP の添加率、空気量は消泡剤の添加率を無添加または標準的な添加率である C×0.001%に固定して AE 剤の添加率で調整した。練混ぜはパン型ミキサを用いて全材料を投入し、空練り 10 秒後に練混ぜ水を投入して 60 秒練り混ぜた。試験項目および試験方法を表-4 に示す。

3. 実験結果および考察

3.1 フレッシュ性状

フレッシュ試験結果を表-5 に示す。スランブ、空気量のいずれも目標値を満足した。

表-1 実験の組合せ

記号	設定空気量 (%)	消泡剤添加率 (C×%)	AE 剤種別
4.5F0	4.5	-	-
6.0F0AE1	6.0	-	AE1
4.5F1AE1	4.5	0.001	AE1
4.5F1AE2	4.5	0.001	AE2
3.0F1AE2	3.0	0.001	AE2

表-2 使用材料

材料	記号	種類および物理的性質
水	W	上水道水
セメント	C	普通ポルトランドセメント(密度: 3.16g/cm ³)
細骨材	S	大井川産陸砂(密度 2.59g/cm ³ , 吸水率 2.11%, 粗粒率 2.62)
粗骨材	G	岡崎産砕石(密度 2.66g/cm ³ , 吸水率 0.72%, 実積率 60%)
混和剤	SP	ポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤標準形
消泡剤	AF	主成分：非イオン系界面活性剤
AE 剤	AE1	主成分：樹脂酸塩系陰イオン界面活性剤
	AE2	主成分：特殊界面活性剤系化合物

表-3 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				
		W	C	S	G	合計
50	44.7	160	320	803	1021	2304

表-4 試験項目および試験方法

試験項目	試験方法
スランブ	JIS A 1101
空気量	JIS A 1128
コンクリート温度	JIS A 1156
圧縮強度	JIS A 1108 (φ 10×20cm, 標準養生, 材齢 28 日)
凍結融解試験	JIS A 1148(24 時間後脱型, 材齢 28 日まで水中養生, A 法)
気泡間隔係数試験	ASTM C 457

表-5 フレッシュ試験結果

記号	SP (C×%)	消泡剤添加率 (C×%)	AE 剤		スランブ (cm)	空気量 (%)
			種別	添加率 (C×%)		
4.5F0	0.50	-	-	-	14.5	4.2
6.0F0AE1	0.50	-	AE1	0.0015	16.5	6.3
4.5F1AE1	0.50	0.001	AE1	0.0060	15.0	4.6
4.5F1AE2	0.50	0.001	AE2	0.0060	15.0	4.6
3.0F1AE2	0.50	0.001	AE2	0.0035	13.0	3.5

キーワード 凍害, AE 剤, 消泡剤, 耐凍害性, 凍結融解抵抗性, 気泡間隔係数
連絡先 〒443-8611 愛知県蒲郡市港町 2-5 竹本油脂株式会社 TEL0533-68-2118

3.2 圧縮強度、凍結融解抵抗性および気泡分布

圧縮強度、耐久性指数および気泡間隔係数試験結果を表-6、凍結融解試験結果を図-1、および気泡間隔係数測定での気泡数を図-2に示す。圧縮強度は設定空気量 6%の 6.0F0AE1 も含めていずれも同程度の値であった。これは 6.0F0AE1 はフレッシュ時の空気量測定後に脱泡し硬化後の空気量が設定空気量 4.5%のコンクリートと同程度まで低下したためと考えられる。

消泡剤と AE 剤のいずれも使用していない 4.5F0 は 60 サイクル程度で相対動弾性係数が 60%を下回った。これに対して消泡剤を使用せず AE1 のみで空気量を 6%程度に調整した 6.0F0AE1、および消泡剤と AE 剤を併用したコンクリートは 300 サイクルで相対動弾性係数が 80%以上であった。相対動弾性係数が 60%を下回った 4.5F0 は、他のコンクリートに比べて気泡間隔係数が大きい値(554 μm)であり、全気泡数および耐久性指数と相関が高いことが報告³⁾されている気泡径 0.15mm 未満の空気量も少ないことがわかる。これは練混ぜ時に多く巻き込まれた粗大な気泡が、硬化するまでの間に脱泡したためであり、このことが凍結融解抵抗性が低下した理由と考えられる。AE 剤のみで気泡制御した 6.0F0AE1 は気泡間隔係数や 0.15mm 未満の空気量が設定空気量 4.5%の 4.5F1AE1 と同程度であったが、これは練混ぜ時に粗大な気泡と AE1 による微細な気泡の両方が存在していたが、硬化するまでの間に粗大な気泡が脱泡したためと考えられる。AE 剤の種類の違いについては、4.5F1AE1 と 4.5F1AE2 を比べるとフレッシュ時の空気量は同程度であるが、4.5F1AE2 の方が気泡間隔係数が小さく、0.15mm 未満の空気量が多く、AE2 は AE1 よりも微細な気泡を多く連行することがわかる。また、3.0F1AE2 はフレッシュ時の空気量は少ないが気泡間隔係数および耐久性指数は 4.5F1AE1 と同程度であり、このことから AE2 を用いれば AE1 よりも少ない空気量で同等の凍結融解抵抗性が得られることがわかる。

4. まとめ

消泡剤と AE 剤の併用および AE 剤の種類の違いがコンクリートの凍結融解抵抗性に与える影響を確認した結果、本研究の範囲で以下の知見が得られた。

- 1) ポリカルボン酸系の高性能 AE 減水剤を消泡剤や AE 剤を用いることなく単独で使用した場合は、フレッシュ時の空気量が 4.5%程度であった場合でも気泡が粗大化、脱泡することにより凍結融解抵抗性が低下する。

表-6 圧縮強度、耐久性指数および気泡間隔係数

記号	圧縮強度 (N/mm ²)	耐久性指数	気泡間隔係数試験				
			全気泡数 (個)	気泡間隔係数 (μm)	空気量 (%)	差 (%) ^{*1}	0.15mm 未満の 空気量 (%)
4.5F0	51.5	12	179	554	2.6	1.6	0.39
6.0F0AE1	49.6	89	425	310	4.5	1.8	0.97
4.5F1AE1	50.2	89	399	341	4.6	0.0	0.77
4.5F1AE2	48.4	98	490	269	4.4	0.1	1.18
3.0F1AE2	49.7	89	386	295	3.3	0.2	0.88

*1: フレッシュの空気量と気泡間隔係数測定で得られた空気量の差

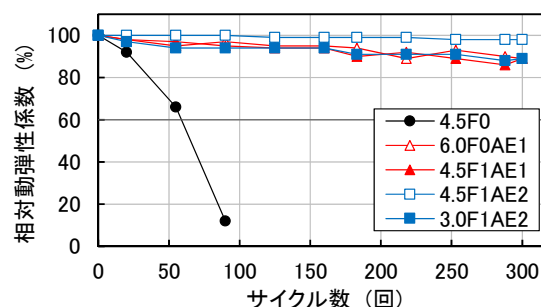


図-1 凍結融解試験結果

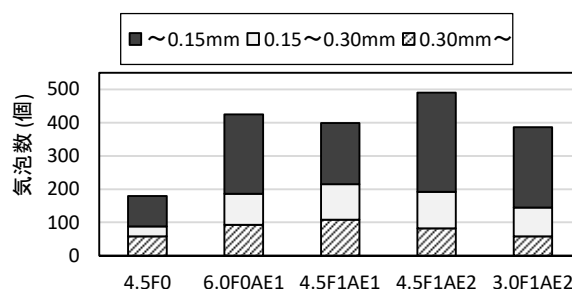


図-2 気泡間隔係数測定による気泡数

しかし、このような場合でも AE 剤のみを使用してフレッシュ時の空気量を 6%程度に調整することにより凍結融解抵抗性を確保することができる。

- 2) 消泡剤と AE 剤を併用して粗大な気泡の巻き込みを抑制し、気泡径 0.15mm 未満の微細な気泡を多く連行することにより凍結融解抵抗性が向上する。
- 3) 比較的小さい気泡を多く連行できる AE2 を用いることにより通常の AE 剤を使用した場合よりも少ない空気量で同じ凍結融解抵抗性を得ることができる。

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学会：コンクリート中の気泡の役割・制御に関する研究委員会報告書，pp.10-11，2016
- 2) 張友海，藤原忠司，小山田哲也，張英華：収縮低減剤を用いたコンクリートの凍結融解作用に対する抵抗性を確保する AE 剤の検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.31, No.1, pp.1111-1116, 2009
- 3) 坂田昇，菅俣匠，林大介，橋本学：コンクリートの気泡組織と耐凍害性の関係に関する考察，コンクリート工学論文集，Vol.23, No.1, pp.149-159, 2013