

V-314 発泡剤を混入した水中不分離性コンクリートの膨張特性について

東洋建設(株) 技術研究所 正会員 末岡 英二  
 東洋建設(株) 技術研究所 正会員 佐野 清史

**1. まえがき** 水中不分離性コンクリートは、水中での分離抵抗性に優れ、高い充填性および流動性を有することから、水中での間隙充填への適用例が多い。また、発泡剤はその膨張性からコンクリートの充填性確保、および新旧コンクリートの一体化を図る目的で主として使用されている。本研究は、水中不分離性コンクリートの特徴を活かした用途の中で、特に高い充填性が必要と思われる、構造物の水中部での断面補修、水中RC構造物の製作、鋼管防食等への発泡剤の利用を考え、その適用性について調べるものである。本稿では、発泡剤を添加した水中不分離性コンクリートにおける基本的特性である、フレッシュコンクリートにおける流動性、水中分離抵抗性、凝結特性、空気量、膨張率と、硬化コンクリートにおける圧縮強度、気泡分布について調べ、発泡剤を添加しないもの、および既往の知見<sup>1)</sup>における普通コンクリートに用いた場合との比較を行い、その結果を報告するものである。

**2. 実験方法** フレッシュコンクリートにおいて、スランプフロー試験、水中分離抵抗性試験、空気量試験、凝結試験、膨張量試験を行い、硬化コンクリートにおいて圧縮強度試験、気泡分布測定を実施した。実験で使用した材料は表-1のとおりであり、発泡剤は膨張遅延処理を施したアルミ粉末を用い、コンクリート中の分散性を高めるため、補助剤と一緒に懸濁液として添加した。配合は、いずれもW/C=55%、s/a=40%とし、発泡剤を添加しないもののスランプフローを55cmに設定し、発泡剤および水中不分離剤添加率を表-2に示すように3~4水準に変化させた。膨張量試験および気泡分布測定を除く各試験は「水中不分離性コンクリート・マニュアル」<sup>2)</sup>に従って行った。ただし、圧縮強度用供試体作製はコンクリートを拘束状態にて行った。膨張量は図-1に示す方法によりコンクリートの鉛直方向の高さ変化から求め、気泡分布測定はASTM C 457のリニアトラバース法に従って行った。また、コンクリートの練り混ぜおよび試験はすべて20℃の恒温室内で行い、その方法は図-2に示すように水中不分離剤を前添加、発泡剤を後添加で行った。

**3. 実験結果** 実験結果一覧を表-3に示す。

**3.1 フレッシュコンクリートの特性**

発泡剤添加による変化はスランプフロー、水中分離抵抗性とも少なく、凝結時間は若干長くなった。また、膨張率は図-3のように発泡剤添加量にほぼ比例して大きくなり、添加率C×0.015%で6.3%であり、普通コンクリートに用いた場合に比較して約5倍の膨張率を示した。この理由として、セメント量が多いこともあるが、水中不分離性コンクリートにおいてはブリージングがなく、発泡

表-1 使用材料

セメント	高炉Bセメント	比重 3.04
細骨材	海砂	比重 2.51, 吸水率 2.60% F.M.=2.59
粗骨材	砕石	比重 2.59, 吸水率 0.78% F.M.=6.85, 最大骨材寸法 20mm
水中不分離剤	水溶性高分子EFD	0.025% 高縮合D777系化合物
流動化剤	ポリコシキ酸化合物およびシリカ複合体	
A E減水剤	膨張遅延処理アルミ粉末+補助剤	

注)補助剤:シリカ酸化合物+変成特殊777

表-2 実験配合

実験 ケース	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )				混和剤添加率			
			W	C	S	G	(×W%) 水中不 分離剤	(×C%) 流動 化剤 AE減 水剤	発泡剤 (777粉)	
1	55	40	235	427	607	939	1.15	2	0.25	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.005
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.010
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.015
5	—	—	230	418	515	952	1.075	—	—	—
6	—	—	222	404	528	971	1.0	—	—	—

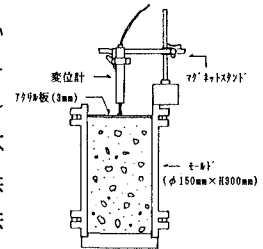


図-1 膨張量試験方法

S+G+C+AWA → W+AE → SP+発泡剤 → 吐出  
 20sec 20sec 100sec  
 (空練り) (練り混ぜ) (練り混ぜ)

S:細骨材 C:高炉Bセメント AE:AE減水剤  
 G:粗骨材 AWA:水中不分離剤 SP:流動化剤

図-2 コンクリートの練り混ぜ方法

表-3 実験結果

実験 ケース	フレッシュコンクリートの特性						硬化コンクリートの特性					
	スランプ フロー (cm)	水中分離抵抗性		空気 量 (%)	凝結特性		膨張率 (%)	水中作製供試体 (平均, 材合28日)		空気 量 (%)	比表面積 (mm <sup>2</sup> /mm <sup>3</sup> )	気泡間隔 係数 (μm)
pH	懸濁物質 (ppm)	始発 (hr)	終結 (hr)	圧縮強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	単位 体積重量 (ton/m <sup>3</sup> )							
1	55.5	11.1	76	1.7	38.5	48.0	—	329	2.24	1.7	9.51	958
2	55.5	—	—	1.8	—	—	1.38	310	2.24	3.1	9.12	764
3	53.0	—	—	2.0	—	—	3.84	309	2.20	2.4	14.28	549
4	56.3	10.8	58	1.5	41.0	46.0	6.33	290	2.22	3.7	11.91	537
5	55.3	—	—	1.8	—	—	5.92	284	2.24	—	—	—
6	55.5	—	—	1.9	—	—	6.06	283	2.24	3.3	13.22	497

剤によって発生した気泡の逃げが少なかったためと思われる。膨張率の時間変化は図-4のように発泡剤添加率により違い、膨張開始時間(膨張率0%の時点と仮定)は図-5に示すように発泡剤添加量の増加に伴い早くなり、添加率 $C \times 0.015\%$ で約2時間であり、普通コンクリートに用いた場合と比較して若干早く、膨張はいずれも凝結始発以前の30時間以内で終了した。また、

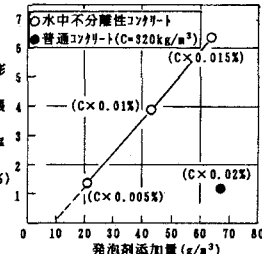


図-3 発泡剤添加量と膨張率の関係

図-6に示すように水中不分離剤添加率による、膨張率およびその時間変化に顕著な違いはなかった。

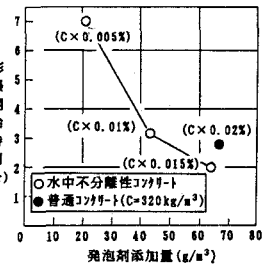


図-5 発泡剤添加量と膨張開始時間の関係

3.2 硬化コンクリートの特性

圧縮強度は、発泡剤添加により若干低下し、その低下率は発泡剤添加率 $C \times 0.015\%$ で約10%であった。また、図-7に示す気泡分布をみると、いずれの配合でも気泡径はほぼ $100 \mu\text{m}$ 以下であり、水中不分離性コンクリートで一般的に見られる数 $100 \mu\text{m}$ 程度の気泡はほとんど見られなかった。これは、水中不分離剤にあらかじめ消泡剤が混入されており、フレッシュコン

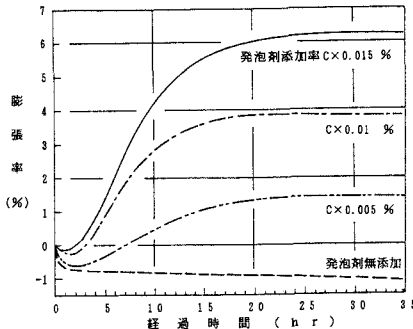


図-4 発泡剤添加率による膨張率時間変化の違い

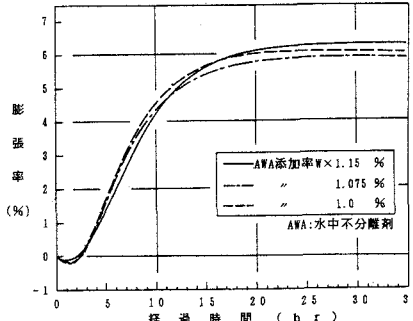


図-6 水中不分離剤添加率による膨張率時間変化の違い

クリートでの空気量が2%程度と小さかったためと思われる。発泡剤添加により、 $100 \mu\text{m}$ 以下の気泡が増加し、気

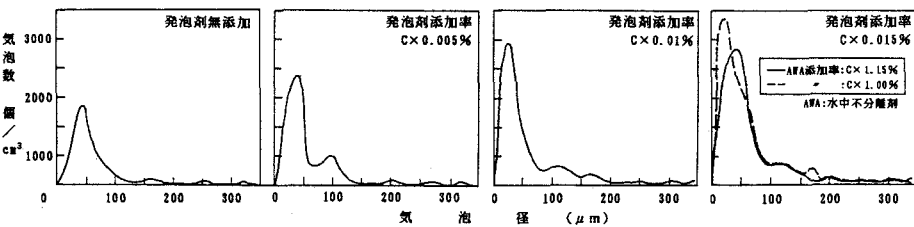


図-7 発泡剤添加による気泡分布変化

泡間隔係数は添加率 $C \times 0.015\%$ で $537 \mu\text{m}$ であり、空気量が少ないため一般的に言われている十分な凍結融解抵抗性を得るための値 $200 \mu\text{m}^3$ に比べるとかなり大きい、添加しない場合の約1/2程度となった。これらのことから、一般的に小さいとされている水中不分離性コンクリートの凍結融解抵抗性改善のための一手法として、発泡剤の添加を検討する価値があると思われる。

4. 結論 (1)発泡剤はフレッシュコンクリートの品質を大きく変化させずに膨張性を付与し、その添加率と膨張率はほぼ比例し、普通コンクリートに用いた場合に比べて約5倍の値を示した。  
 (2)膨張開始時間は発泡剤添加率の増加に伴い早くなり、添加率 $C \times 0.015\%$ で約2時間であり、普通コンクリートに用いた場合に比べて若干早かった。また、膨張はいずれの添加率でも凝結の始発までに終了した。  
 (3)通常使用範囲の水中不分離剤添加率では、膨張率およびその時間変化の違いはなかった。  
 (4)発泡剤添加に伴い圧縮強度は若干低下したが、気泡径 $100 \mu\text{m}$ 以下の気泡の増大、気泡間隔係数の低下から凍結融解抵抗性の改善効果が伺えた。

なお、材料提供や実験全般にわたって御協力頂いた、(株)リリス物産、徳山曹達(株)の方々に深く感謝致します  
 (参考文献) (1)高津他:膨張コンクリート用特殊混和剤タイムクを用いたコンクリートの諸性質について、日豊マス-ヒ-ル-ズ 研究新報, NO. 7, 1986 (2) (財)沿岸開発センター; (財)漁港漁村建設技術研究所, 水中不分離性コンクリート-マニマ, 平成元年 (3) 岡田 清編: コンクリートの耐久性, 朝倉書店, p. 30~31