

## マイクロバブル水を用いたモルタルの基礎性状

正会員 ○菅原奈美\*  
同 鈴木邦康\*\*  
同 濱 幸雄\*\*\*

マイクロバブル 耐凍害性 連行空気泡  
経時変化 気泡間隔係数

## 1. はじめに

近年、RC 構造物の大型化・高層化に伴い、コンクリートの高強度化が進められている。高強度コンクリートを構造物に適用する場合、強度確保のみならず建物の耐久性を確保するための品質・性能も重要であり、北海道などの寒冷地ではコンクリートの凍結融解作用による劣化、すなわち凍害によって耐久性の低下が発生しないような配慮も必要である。コンクリートの高強度化のためには、水セメント比を小さくするとともに、可能な限り空気量を少なくすることが求められるが、作業性や耐凍害性が低下する恐れがある。コンクリートの耐凍害性の確保には AE 剤により連行される気泡が重要であるとされ、ワーカビリティの向上、強度低下の改善にも、連行空気泡の質と径のコントロールはとても重要である。

そこで本研究では、近年、多くの技術分野で研究が進められている“マイクロバブル”に注目し、水中におけるマイクロバブルの安定性に影響を及ぼす要因を検討するとともに、マイクロバブル水を用いたモルタルの基礎性状に関する実験を行った。

## 2. マイクロバブルとは

マイクロバブルとは、液体中に孤立して存在する微細気泡のことであり、その気泡径の範囲は対象により様々であるが、一般に、直径数 100 $\mu$ m 以下の気泡と定義されることが多く、上昇しながら収縮する、電位を帯びている、拡散性を有している、狭い空間に高密度で存在することができる、などの性質を有している<sup>1)</sup>といわれている。マイクロバブルを用いたコンクリートの研究はまだなされていないが、コンクリートの物性の向上に期待が持てる物理化学的性質を有している。

## 3. 実験計画および方法

実験は、マイクロバブル水の性状試験と、モルタルの基礎性状試験に大別される。表 1 に実験計画表を示す。マイクロバブル水の実験では、AE 剤の濃度、バブリング時間の 2 要因をそれぞれ変化させ、各要因の水準を、AE 剤の濃度を 5 水準、バブリング時間を 3 水準とし、実験を行った。モルタルの基礎性状試験では、普通ポルトランドセメント ( $\rho=3.16$ )、および登別産陸砂(表乾密度 2.69g/cm<sup>3</sup>)を用い、水セメント比を 50%とした。また、主成分の異なる AE 剤を 3 種類使用し、濃度を 3 水準、バブリング時間を 3 水準としたマイクロバブル水を使用し、12

表 1 実験計画表

記号	W/C(%)	AE剤	AE剤濃度	バブリング時間	試験体寸法(cm)	測定項目	
N	50	-	-	0分	4×4×16	空気量	
N5				5分			
N10				10分			
AS		A	標準使用量	0分			フロー
AS5				5分			
AS10				10分			
ASF				10分+泡沫			
A				0分		強度試験	
A10				10分			
B		B	標準使用量/3	0分			凍結融解試験
B10				10分			
C				C			
C10	10分						
FA	A	標準使用量	0分				
FAF			10分+泡沫				

種類の試験体を作製した。さらに、バブリング時に水面に発生した泡沫を混入した試験体を 2 種類、フライアッシュセメントを用いた試験体を 2 種類作製し、練り上がり性状を測定した。4 週水中養生後、強度試験、リニアトラバース法による気泡組織の測定、JIS A 1148A 法に準じた凍結融解試験を行った。

## 4. 実験結果および考察

## 4.1 マイクロバブル水の性状試験

写真 1 に、AE 剤の濃度の違いによるマイクロバブルの経時変化の一例を示す。AE 剤 0%のマイクロバブル水は、5 分後に気泡が確認できなくなったのに対し、AE 剤を 0.006%添加したものは、7 分後まで確認することができた。これらのことから、マイクロバブルを保持するために AE 剤の界面活性作用や起泡性が有効であると考えられる。また、界面活性された気泡がより微細に攪拌されたことで気泡の浮上速度が低下し、より長く水中に留まったと考えられる。しかし、AE 剤を混入したもので、10 分後にはマイクロバブルはほぼ消滅している。

写真 2 は、バブリング時間の違いによる、マイクロバブルの経時変化を示したものであるが、バブリング時間による気泡の経時変化への影響は認められなかった。このことから、マイクロバブルの安定性は、バブリング時間よりも、AE 剤の界面活性作用による影響が大きいといえる。マイクロバブル水の気泡は、発生直後から浮上・収縮しつつづけている。また、発生後の挙動は周囲の溶存空気濃度と温度に依存する<sup>2)</sup>ため、マイクロバブルを保持するためには、それらの把握と管理が重要であると考えられる。

4.2 モルタルの基礎性状試験

図 1 に、空気量とフローとの関係を示す。空気量が大きいほどフロー値がやや増大する傾向が見られた。

図 2 に、空気量と圧縮強度の関係を示す。空気量が大きいほど圧縮強度は低下する傾向が見られ、モルタルコンクリートでは、一般的に空気量 1%につき、圧縮強度は 3~5%程度強度低下するといわれており、本実験の結果でも同程度の低下率となった。

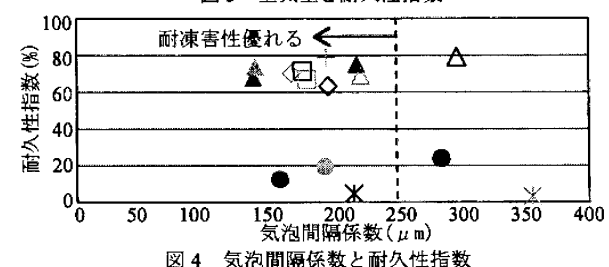
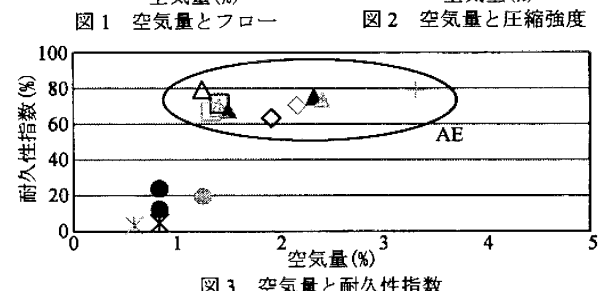
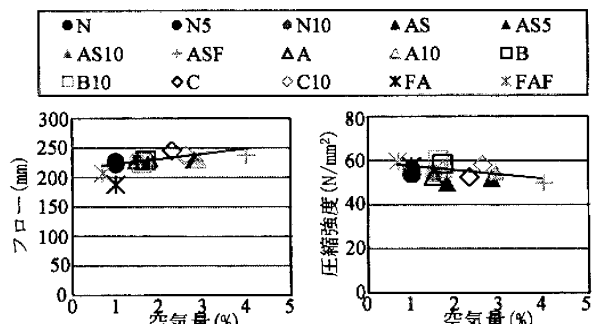
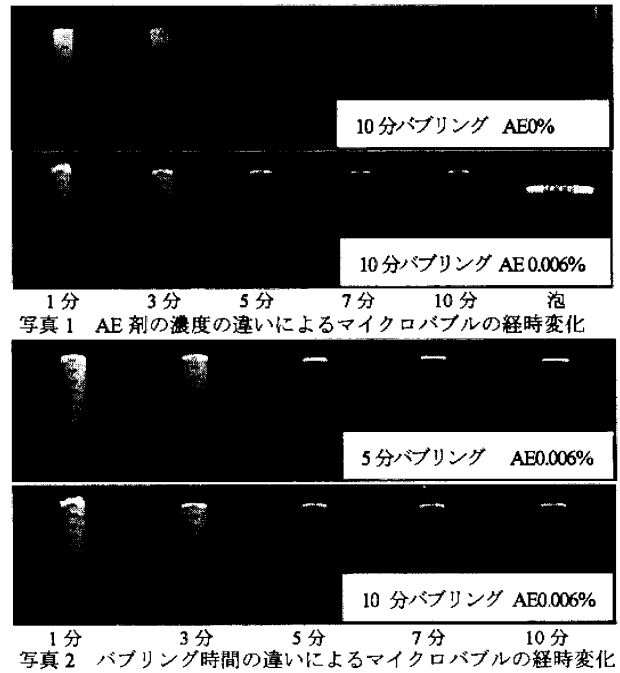
図 3 に空気量と耐久性指数の関係を示す。AE 剤の使用の有無で耐久性指数は大きく異なっており、AE 剤を使用したものでは、マイクロバブル水の条件によらず、耐久性指数 60%以上を示している。また、一般的にフライアッシュは AE 剤を吸着するため、空気連行が困難だと言われており、マイクロバブル水による空気連行を期待したが、AE 剤を用いてマイクロバブルと泡沫を混入したモルタルにおいても空気連行は良好ではなく、耐凍害性も低い結果となった。

図 4 に気泡間隔係数と耐久性指数の関係を示す。一般に、気泡間隔係数が 250 μm 以下であれば良好な耐凍害性を示すといわれており、AE 剤を用いたモルタルのほとんどは気泡間隔係数 250 μm 以下で良好な耐凍害性を示した。AE 剤とマイクロバブルを用いていないモルタル、フライアッシュにバブル水と泡沫を用いたモルタルは、気泡間隔係数が 250 μm 以上で、耐凍害性は劣っていた。しかし AE 剤を用いずマイクロバブルを用いたモルタルの気泡間隔係数は 200 μm 以下であるにも関わらず、耐久性指数が 20%以下となり、極めて耐凍害性に劣る結果となっており、一般に言われている気泡間隔係数と耐凍害性の関係と異なる傾向を示している。

5. 結論

本研究では、様々な物理化学的性質を有する“マイクロバブル”に着目し、マイクロバブル水の気泡の安定性と、マイクロバブル水を用いたモルタルの基礎性状に関する実験を行い、以下に示す知見を得た。

- 1) マイクロバブルは、発生直後から浮上・収縮し続け、10分程度で消滅する。
- 2) マイクロバブルの安定性は、バブリング時間よりも、AE 剤による界面活性作用の影響が大きい。
- 3) マイクロバブル水を用いたモルタルは、一般のモルタルと同様に、空気量が大きいほどフロー値はやや大きくなり、圧縮強度は小さくなる。
- 4) モルタルの耐凍害性は、マイクロバブル水の使用条件によらず、AE 剤による連行空気量、および気泡間隔係数によって定まる。ただし、AE 剤無しでマイクロバブル水を用いたモルタルの気泡間隔係数は 200 μm 以下であるにもかかわらず、耐凍害性が低い結果となった。



【参考文献】  
1) 上山智嗣、宮本誠：マイクロバブルの世界、株式会社工業調査会(2006)  
2) 戸倉都夫、笑輪聡、竹野祐輔：水-空気系マイクロバブルの拡大・収縮特性、(2006)

\*室蘭工業大学大学院  
\*\*室蘭工業大学 講師・博士(工学)  
\*\*\*室蘭工業大学 准教授・博士(工学)

\*Graduate School, Muroran Institute of Technology  
\*\*Assis.Prof., Muroran Institute of Technology, Dr.Eng.  
\*\*\*Assoc.Prof., Muroran Institute of Technology, Dr.Eng.