

マイクロナノバブル混合水を用いたセメントペーストの流動性への影響

鶴見コンクリート(株) 正会員 ○丸山 貴吉
 東海大学 学生会員 高橋 直也
 東海大学 学生会員 鈴木 翔太
 東海大学 正会員 伊達 重之

1. はじめに

マイクロナノバブル(以下, MNB)は, 50 μ m以下の極微小な気泡で, 気泡径が小さいほど上昇速度が遅くなる特徴があり, 1 μ mの場合の上昇速度は1.96mm/h¹⁾と, ミリバブルやセンチバブルと比較し浮き上がらない特徴がある. また, MNBの表面は負に帯電しているため, 静電的な反発により気泡が合一する可能性も低い. 従って, 生成したMNBは水中に長時間滞留することが推測される. 図-1は, 表-1に示す発生装置によって生成したMNBの気泡を顕微鏡で撮影した状況である. これは, 生成1日後の気泡状態であるが50~150 μ m程度の気泡が観察され, MNBに長期持続性があることが確認できる. さらに図-2は, 表-1の発生装置で生成したMNBの気泡分布を粒子解析装置で測定した結果²⁾だが, 100~300nmが最も多く分布し, 顕微鏡では確認できない微小な気泡が多数存在していることが推測される.

この他にもMNBには気泡径が極めて小さいことに起因する様々な特性を有するが, その中に摩擦抵抗の低減効果³⁾や粘度の低減効果があり, これらはコンクリートのフレッシュ性状に影響を及ぼす可能性がある. 特に, 地盤改良材やグラウト材など, 注入を目的とする材料の充填性能を改善できることが考えられる.

そこで本研究では, セメントペーストの練混ぜ水にMNBを用いた場合, 流動性への影響を注入材の流動性改善を目的に行うこととした.

2. 試験概要

2.1 試験項目

注入材は微小空間への充填性が要求され, 流下速度ならびに粘度が重要な指標となる. そこで, 簡便かつ現場での計測が可能なJP漏斗と, 施工性の評価に有用なレオロジー定数として, 塑性粘度と降伏値を微小な管内を流下させることにより計測が可能な管式粘度計⁴⁾の2種類の試験により確認することとした. 図-3に試験に用いた管式粘度計を示す. 試験方法は, 試料を円筒容器に満たし, 20秒間隔で試料の累積流出量を測定する.

2.2 使用材料および練混ぜ条件

使用材料を表-2に示す. なお, 表中の空気量はそれぞれの水と同じ容器に入れて計量した質量差から算出した. 配合はW/C=40%とし, フロー値が300 \pm 20mmとなるように, 高性能減水剤の添加率を調整した. 練混ぜには, 容量10リットルのホバートミキサーを用い, 練混ぜ時間は90秒とした. なお, 外気温による影響を少

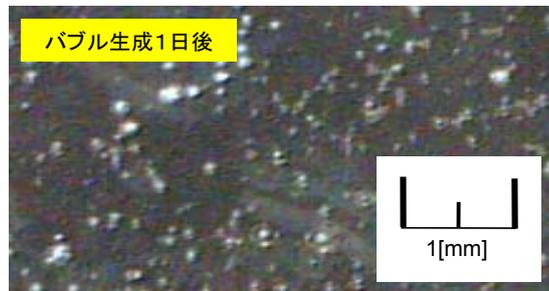


図-1 マイクロナノバブルの気泡状況

表-1 発生装置

生成能力	7-10[L/min]
生成機構	加圧溶解方式
(Hybrid方式)	気液せん断方式
	キャビテーション方式

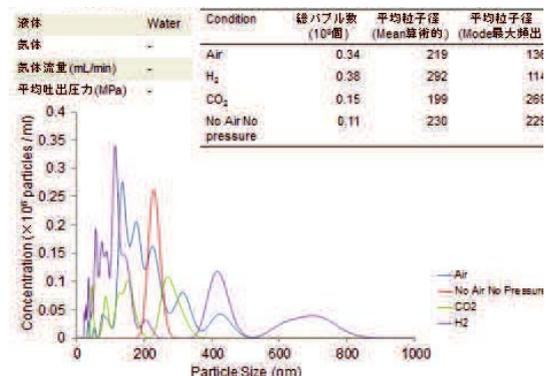


図-2 マイクロナノバブルの気泡分布²⁾

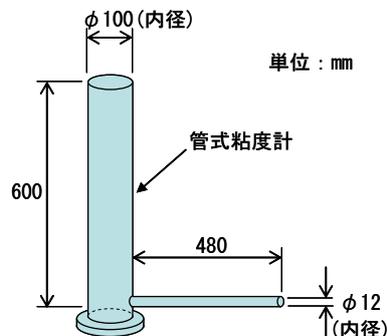


図-3 管式粘度計

キーワード マイクロナノバブル, セメントペースト, 塑性粘度, 降伏値, 流速

連絡先 〒252-0135 神奈川県伊勢原市神戸400 鶴見コンクリート(株) TEL.0463-95-2607 E-mail : maruyama@tsuru-con.co.jp

表-2 使用材料

水	W	上水道	空気量 0%
		MNB (上水道処理)	空気量 0.18%
セメント	C	普通ポルトランドセメント $\rho=3.16$	
混和剤	Ad	ポリカルボン酸系 (高性能減水剤) $\rho=1.04$	

表-3 フローおよび JP 漏斗の試験結果

	単位	上水道	MNB
フロー値	[mm]	305	295
JP 漏斗	[sec]	4.3 (1.00)	3.6 (0.84)

なくするため、材料は 20℃の恒温室に保管し、試験も同室で行った。また、試験はMNBによる影響を相対的に評価するため、上水道とMNBの2種類を比較することとした。

3. 試験結果および考察

表-3 にフローおよび JP 漏斗の試験結果を示す。JP 漏斗試験によるセメントペーストの流下時間は、MNBを用いた方が流下時間が短くなった。これは、フロー値が同等であることから前述したとおり、管内の摩擦抵抗もしくは粘度が減少しているためであると推測される。

次に、管式粘度計による流動性試験の計測結果を図-4 に示す。セメントペーストの累積流出量は、練混ぜ水にMNBを用いた場合の方が増加することが分かる。これも、JP 漏斗試験と同様の傾向が示されたと推察される。

そこで、管式粘度計から求めた流量 Q および平均圧力勾配 $\rho H/L$ の関係よりセメントペーストの流動曲線を図-5 に示す。図の流動曲線は弱いチクソトロピー流動を示すが、ここではビンガム体と仮定し、直線部について直線回帰を行い、傾きと $\rho H/L$ 軸切片から算出した塑性粘度、降伏値を表-4 に示す。塑性粘度ならびに降伏値においても、MNBの方が減少することが分かった。

4. まとめ

セメントペーストの練混ぜ水にマイクロナノバブルを用いた場合の流動性の影響について JP 漏斗ならびに管式粘度計によって試験した結果、以下の知見を得た。

- 1) MNBを用いたセメントペーストが管内を流れる場合、流速が増加することが確認された。
- 2) MNBを用いたセメントペーストは用いてないものと比較し、塑性粘度で 15%、降伏値で 23%減少することが確認された。

以上のことから、MNBの特性である摩擦抵抗の低減効果や粘度の低減効果は、セメントペーストの練混ぜ水に用いた場合にも、現れることが分かった。従って、注入材にMNBを用いた場合でも同様で、充填性能が向上する可能性が示された。

参考文献

- 1) 柘植秀樹：マイクロバブル・ナノバブルの最新技術
- 2) アスプホームページ：www.asupu.com
- 3) S. Sekine, H. Okanaga：Pipe Friction Loss Reduction by Microbubble, International Symposium on Fluid Control, Measurement and Visualization, 2013
- 4) 笠井哲郎：コンクリートの新しい練混ぜ方法に関する研究，広島大学学位論文，1990
- 5) 伊達重之ほか：モルタルの粘性に及ぼす分割練混ぜの効果，コンクリート工学年次論文集，Vol.27, No.1, 2005

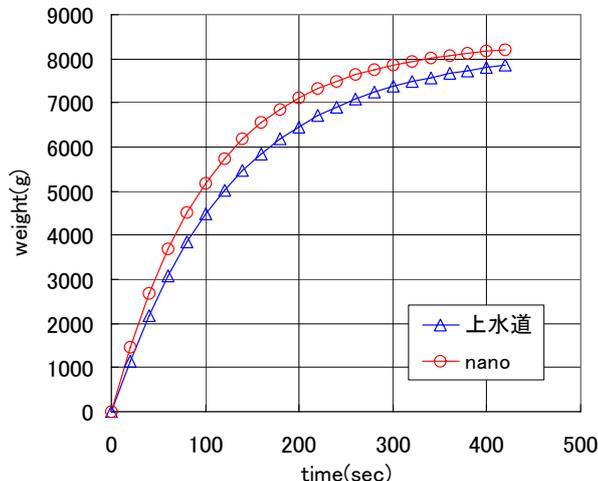


図-4 セメントペーストの試験結果

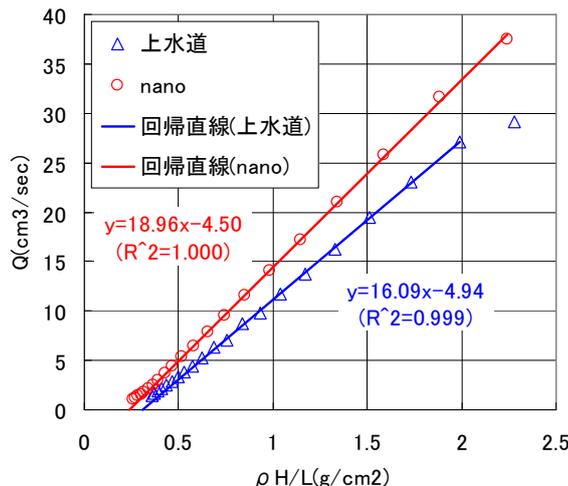


図-5 セメントペーストの流動曲線

表-4 塑性粘度および降伏値の試験結果

	単位	上水道	MNB
塑性粘度	[Pa·s]	0.310 (1.00)	0.263 (0.85)
降伏値	[Pa]	6.778 (1.00)	5.236 (0.77)