

マイクロナノバブル混合水を用いたコンクリー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, $50\mu\text{m}$ 以下の極微小な気泡で, 一般に生成されるミリバブルやセンチバブルと比較して浮き上がりにくく, $1\mu\text{m}$ の場合の上昇速度は $1.96\text{mm/h}^1)$ と気泡径が小さいほど上昇速度が遅くなる特徴がある. さらに, 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. このような事から, 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の気泡をマイクロスコープ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 $50\sim 150\mu\text{m}$ 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, $100\sim 300\text{nm}$ が最も多く分布し, マイクロスコープ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, セメントペーストおよびモルタルの練混ぜ水に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, セメントペーストを $W/C=30, 35, 40, 45, 50\%$, モルタルを $W/C=30, 40, 50\%$ とし, フロー値が $320\pm 25\text{mm}$ となるように, 高性能減水剤の添加率

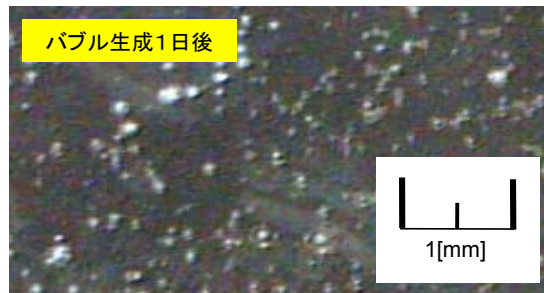


図-1 マイクロナノバブルの気泡状況

表-1 発生装置

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

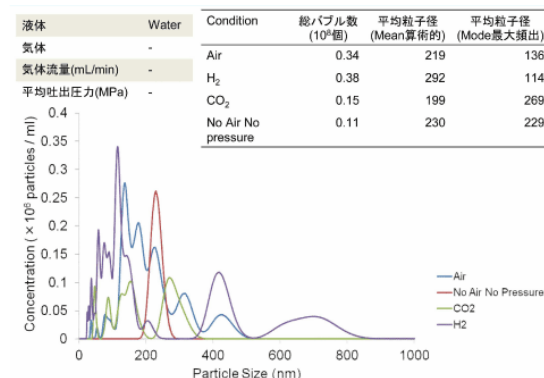
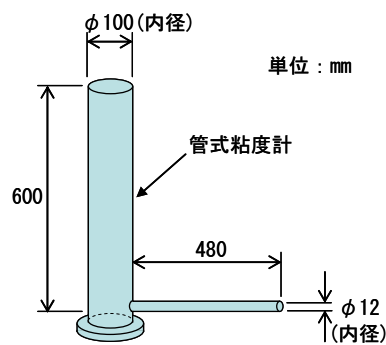
図-2 マイクロナノバブルの気泡分布²⁾

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 $\rho=3.16$	
砂	S	標準砂（セメント協会） $\rho=2.64$	
混和剤	Ad	ポリカルボン酸系（高性能減水剤） $\rho=1.04$	

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-4 にセメントペーストのスランブフローを、図-4 に 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、W/C と塑性粘度の関係を図-5 に示す。モルタルおよびセメントペーストの塑性粘度は、いずれも W/C が大きくなるにつれて減少し、上水道よりもMNBの方が低い値を示した。

そこで、MNBを用いた場合の塑性粘度の減少率と W/C の関係を図-6 に示す。減少率は、モルタルよりもセメントペーストの方が大きく、セメントペーストで 15～20%、モルタルで 8～15% の範囲で分布し、MNBの効果はセメントペーストの方が大きい結果となった。

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およびモルタル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およびモルタルは、用いていないものと比較し、塑性粘度がペーストで 15～20%、モルタルで 8～15%減少することが確認された。

以上のことから、グラウト工への適用によって施工時間の短縮が期待され、今後は、地盤注入材への利用の可能性を検討するとともに、耐久性についても確認する予定である。

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

表-3 モルタルの空気量

単位 [%]	W/C=30%	W/C=40%	W/C=50%
上水道	4.1	2.2	2.2
MNB	3.8	2.9	2.4

表-4 セメントペーストのスランブフロー

単位 [mm]	W/C=30%	W/C=35%	W/C=40%
上水道	305	300	305
MNB	330	305	295

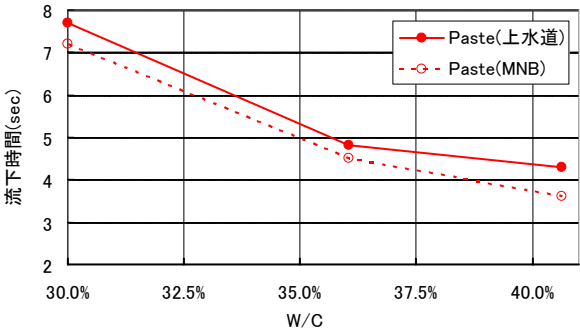


図-4 ペーストの W/C と JP 漏斗の関係

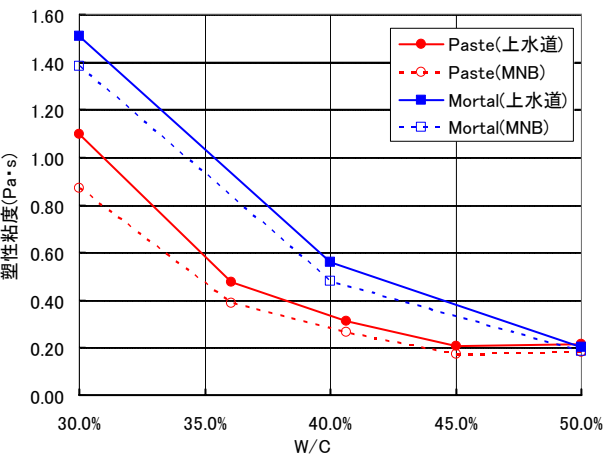


図-5 W/C と塑性粘度の関係

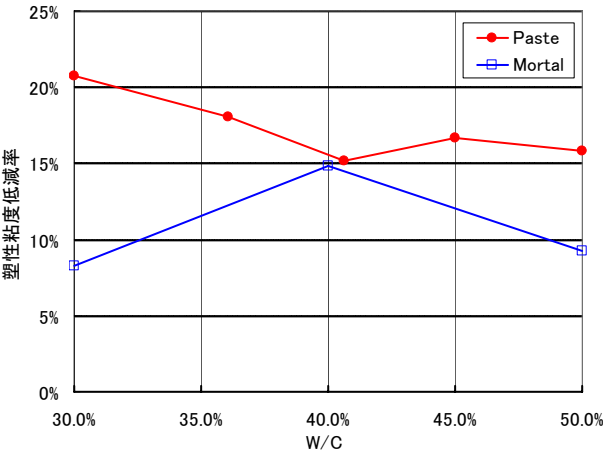


図-6 W/C と塑性粘度低減率の関係