超微細気泡の生成方法と摩擦抵抗低減効果の検討》

Generation method of very fine microbubbles and the effect on the frictional drag reduction

物性班》 川村隆文（東大）藤原暁子（東大）加藤洋治（東洋大）松本洋一郎（東大）

気泡径は抵抗低減率に影響を与える重要なパラメータの１つであり、昨年度、一昨年度と気泡径の制御と抵抗低減への影響の評価を試みてきた。その結果、平均気泡直径が 0.4mm～2mm の範囲では気泡径と抵抗低減率の間に有意の相関は無いという結論が得られた。しかし、それ以下の大きさの気泡については生成が困難であったことから、十分なデータが得られていない。また、従来の検討は完全発達のチャネル流に対して行われ、気泡径が過渡特性に与える影響も十分評価されていない。今年度は、ベンチュリ管のキャビテーションを応用した超微細気泡の生成方法の開発を行うとともに、実際に試験流路にこれを装備して、ボイド率分布及び摩擦抵抗の計測等を行い、気泡径と気泡分布及び抵抗低減率との間の関係を明らかにすることを目指す。

まず、ベンチュリ管内における気泡の微細化について、Fig. 1 にベンチュリ管内部の速度，圧力分布および気泡径の変化について概略図を示す。のど部における流速の上昇により、圧力が低下し、これに伴い気泡は膨張する。この気泡は拡大部における急激な圧力回復によって崩壊し、平均直径約 0.1mm 程度の微細な気泡群になる。この急峻な圧力回復とそれに伴う気泡微細化は液相流量に依存しており、Fig. 2(a)の低流量条件においてはあまり見られないが、Fig. 2(b)の高流量な場合は顕著に生じる。

Fig. 3 に回流水槽のテストセクションの概要を示す。水と空気が図に示した気泡生成装置において予め混合され、スリットからテストセクション内に導入される。このとき、先に示したベンチュリ型の装置を用いるか、絞りの無いストレート型の装置を用いるかによって、平均気泡径を制御する。平均気泡径は空気流量比によって異なるが、ベンチュリ型の装置では 0.3mm 程度、ストレート型では 1.4mm となった。

Fig. 4 に示す様に、平均直径が 1.4mm の気泡と 0.2～0.4mm の超微細気泡ではボイド率の壁面垂直方向分布が大きく異なることが分かった。浮力の相対的な影響が異なることが主な原因である。さらに、この分布の差が、抵抗低減の持続距離に違いを生じさせることが摩擦抵抗の計測から明らかになった。吹き出し部から下流側へ 400mm の位置では大きな違いは無いが、700mm の位置では気泡が大きいときの方が抵抗低減率が高いという結果が得られた。

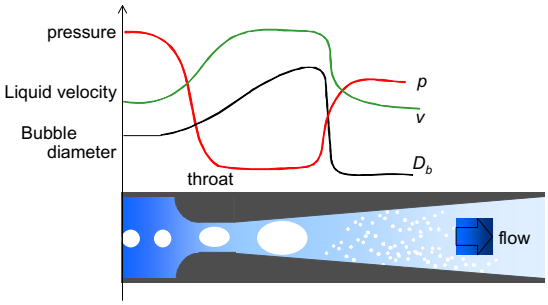
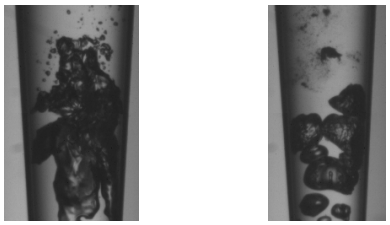


Fig. 1 ベンチュリ管内流動場概略図



(a)Q_l=4.2 *l*/min (b) Q_l=7.0 *l*/min

Fig. 2 液相流量 Q_l による気泡崩壊形態の相違

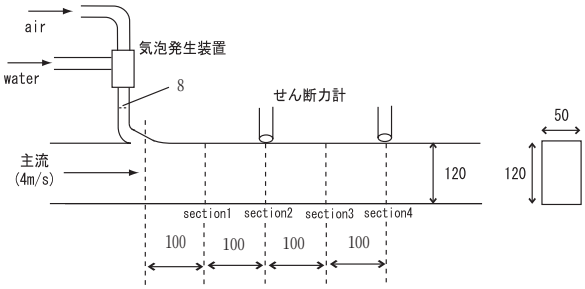


Fig. 3 テストセクションの概要

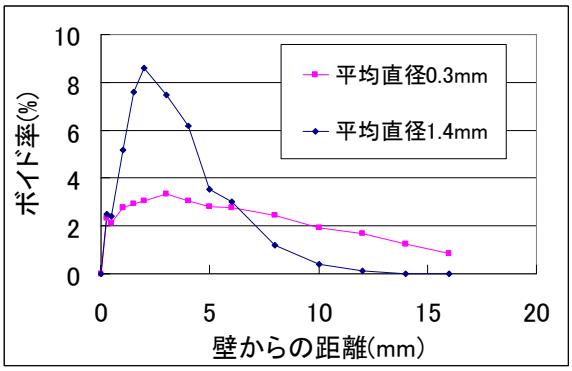


Fig. 4 吹き出し部 400mm 下流におけるボイド率プロファイルの比較：主流速 4m/s、液相流量 10 l/min，気相流量 2 l/min