乱流境界層における気泡の影響と微細気泡発生手法 The Effect of Bubbles in Turbulent Boundary Layer and the Technique of Micro-Bubble Generation

藤原 暁子 (東大工),松本 洋一郎 (東大工),加藤 洋治 (東洋大) 濱田 雅人 (東洋大),太田 至昭 (東洋大)

1. 緒言

乱流境界層内における微細気泡による壁面摩擦応力の低下は,船体の抵抗低減効果の応用が期待されている.著者らに よる一連の実験的研究によりこの効果は気泡径には依存せずボイド率と強い相関を持つことが確認されてきた⁽¹⁾. 一方で メカニズムの解明のため行った乱流境界層内 y⁺≈100 におけるの LDV 計測の結果, Fig.1 に示すようにボイド率の上昇に 伴い局所平均流速は加速される傾向を示した. このとき気泡径は y⁺≈270 (約 0.6mm)に相当しており,境界層に対して +分に小さな気泡を用いた同様の実験との比較検討行う必要性が示唆された. 微細気泡の発生手法はこれまで噴流や二重 円管,また旋回流により発生したせん断を用いて破断させる方法⁽²⁾が主であった. 本研究では竹村ら⁽³⁾により提案された ベンチュリ管を用いた微細気泡発生手法をとりあげる. これはディフューザ部における急峻な圧力回復時に発生する衝撃 波により気泡を粉砕する手法である. ここでは手法の紹介と微細化メカニズムの解明を行う.

2. 計測方法及び実験装置

Fig.2 に実験装置概略図を示す. 流路は水槽とベンチュリ管ノズル及びポンプから構成されており,気相はコンプレッサによりベンチュリ管上流に送り込まれる. ベンチュリ管は管入り口径 8mm,のど部径 3mmの面積比約 14%であり,ディフューザ部の開き角は 7.1°である. 液相流量 *Q*_L=51/min,気相流量 *Q*_G=0.2~0.51/min について主に実験を行い,ベンチュリ管内の気泡の分裂現象を高速度カメラ (IMACON200 及び MotionPro)を用いて撮影した. 光源にはストロボを用いており,ノズルを挟んでカメラと対面するように設置している.また,ノズル出口における気泡径計測を気泡投影図を画像処理することで行った. 微細化された気泡は下流で合体する.本研究では分裂初期の気泡径を明らかにするため合体を妨げる効果のある 3 ペンタノールを界面活性剤として約 50ppm 添加している. 単相におけるのど部のレイノルズ数 *Re*_tは 39000 である.

3. 実験結果

Fig.3 に実験結果の一例として、50µs 間隔で撮影した気泡の分裂形態を示す. ここでは 100µs 毎に表示する. のど部の 圧力低下により膨張した気泡は砲弾型の気泡上部から破断する. さらに膨張時に比べて気泡投影面積が小さくなることか ら、急峻な圧力回復により気泡がつぶれ、微細化することを確認した. 気泡径の PDF と VPDF(体積確率密度関数)を Fig.4 に示す. 70µm 程度の気泡が多数存在した. また Sauter 平均は 116µm となり、本手法により十分に径の小さい気泡の発生 が可能であることを確認した.

参考文献

(1)Moriguchi & Kato, J. Marine Science and Technology, 7-2 (2002), pp.79-85. (2) 大成,混相流,11-3 (1997),pp.263-266. (3) 竹村 ら,"微小気泡生成装置および方法",(特願: 2002-031542)







Fig.2 実験装置概略図.

