

キャビテーション気泡群の崩壊挙動について

On the Collapsing Behavior of Cavitation Bubble Clusters

正 金野 祥久 (東大) 正 山口 一 (東大)
正 加藤 洋治 (東洋大) 前田 正二 (東大)

Akihisa KONNO, The University of Tokyo, 7-3-1, Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo
Hajime YAMAGUCHI, The University of Tokyo
Hiroharu KATO, Toyo University
Masatsugu MAEDA, The University of Tokyo

Key Words: cloud cavitation, bubble cluster, collapse, impulsive force, high-speed video camera

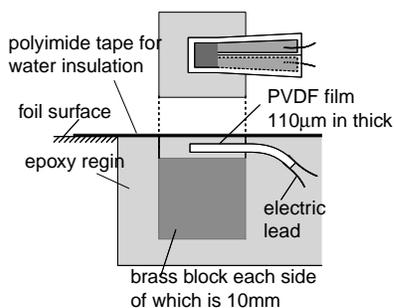


Fig. 1: Impulsive force sensor

キャビテーション気泡群の崩壊による衝撃力発生メカニズムを知るためには、実際にキャビティ気泡(群)の崩壊挙動を観察し、そのとき発生する衝撃力との関係を調べる必要がある。

本研究では衝撃力発生時の気泡群崩壊の挙動を高速度ビデオカメラで観察し、同時に著者らが開発したセンサを用いて、衝撃力を計測した。実験は東京大学船用プロペラキャビテーショントンネルにて行い、供試模型として断面形状が NACA 0015 翼型の 2 次元翼模型 (150 mm × 150 mm) を製作し、これに衝撃力センサを埋めて実験に供した。実験条件は、迎角 8° 、主流速 8 m/sec., キャビテーション数 $\sigma = 1.5$ とした。

衝撃力センサは、PVDF (ポリフッ化ビニリデン) 膜を圧電材料として用いたものを設計・製作し、実験に供した (Fig. 1)。

観察には高速度デジタルビデオカメラを用い、毎秒 40,500 コマにて気泡群の崩壊挙動を撮影した。撮影領域の画素数は 64×64 ピクセルである。このビデオ装置は外部トリガ入力端子を備えており、トリガ入力の前後の画像を記録することが出来るので、実験の際はこのトリガ入力に衝撃力計測システムのトリガ出力を入れ、衝撃力の発生前後の映像を記録した。

Fig. 2 に、センサ 3 上で崩壊するクラウドキャビティの様子を示す。これも高速度ビデオカメラで、毎秒 40,500 コマにて撮影した映像である。図中 (0) とある映像がトリガ信号が発生したとき、すなわち衝撃力が発生したときに対応する。対応する衝撃力のグラフを Fig. 3 に示す。これらの観察と衝撃力の計測から、次のことが分かった。

1. 衝撃力は常にクラウドキャビティが崩壊するときのみ発生し、キャビティ崩壊が無いときに衝撃力が観察されることは無い。
2. ほとんどの場合、衝撃力のピークは、気泡群が崩壊してその見かけの体積が最小になる瞬間よりも数コマ前に観察さ

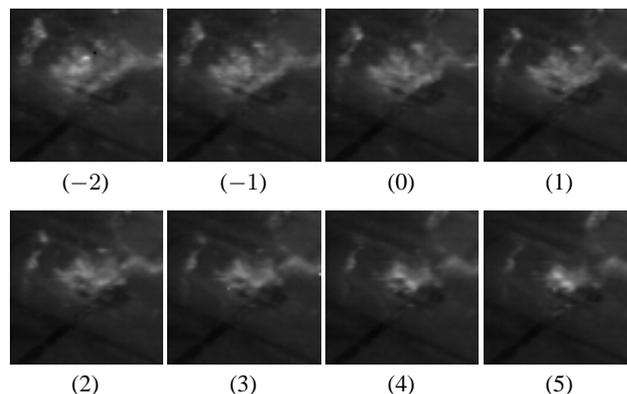


Fig. 2: An example of sequence of bird's-eye pictures by high-speed video camera at the time when impulsive force was measured

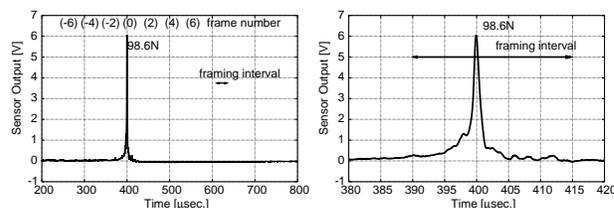


Fig. 3: Sensor output voltage corresponding to Fig. 2

れる。気泡群が崩壊しきった後に衝撃力が観察されることは無い。

キャビティ気泡群全体が崩壊し見掛け上の体積が最小となるよりも前に衝撃力が発生していることから、キャビティ気泡群の崩壊に際しては、以下のようなシナリオが考えられる。

キャビティ気泡群は、周囲液体とくらべて圧力波の伝播速度 (音速) が遅いため、周囲の圧力が上昇した場合に、この圧力がキャビティ気泡群の外側から中央方向へ伝播する際に衝撃波を形成すると考えられる。この衝撃波の前方では、高圧のために気泡が崩壊する。一方衝撃波の後方には低圧の領域がある。したがって衝撃波の通過の際に気泡はいったん崩壊し、その後速やかに再膨張 (リバウンド) すると考えられる。この衝撃波がキャビティの中央へ伝播していくと、そこでは衝撃波の収斂のために、気泡が激しく崩壊し、強い衝撃的圧力が発生する。しかしその周囲をリバウンドした気泡群が覆っているため、キャビティは見掛け上、まだ完全に潰れきっていないように見える可能性がある。