

II-338 一点係留長円形物体の挙動

足利工業大学 正員 新井信一
足利工業大学 正員 上岡充男

1 緒言

水中または空中に自重と浮力が等しく釣り合う長円形の流線型物体を一点係留すると、それが一様流中におかれた場合に振れ回り運動をすることが簡単な実験により確認される。水中航走体あるいは飛行船などを基地に係留する場合には、この現象は基地施設設計の重要な検討事項となる。

そこで手始めとして物体の上下方向の揺れを調べてみることにし、このような物体の先端を上下に強制加振した時の運動応答を調べ、流体中の挙動の一端を明らかにしようとした。

2 実験方法

図1に示すような断面が円形である長円形物体模型を、幅60cm、水深55cmの開水路に設置して、模型先端A点を上下にほぼ正弦状に加振した。模型は、発泡ウレタンを削り出して成形し、内部に鉛を埋め込んで概ねの重量調整をし、模型下部のゴンドラで微調整をした。最後に表面を樹脂で薄くコーティングした。その結果、模型の重量は410gf、A点まわりの慣性二次モーメントは $49.7\text{gf}\cdot\text{s}^2\cdot\text{cm}$ 、同一次モーメントは $4.43\text{gf}\cdot\text{s}^2$ 、浮心重心距離は1.8cmとなった。

物体の運動は、図2に示すような方法により計測した。すなわち、まず物体運動をビデオカメラにて撮影し、それを再生機でこま送りしながら画像処理装置に取り込み、画面上の物体A点とB点の位置をカーソルにて、 640×400 の精度でパソコンに読み取って処理し、必要な形でプロッターに出力した。図1は、物体形状を静止画像として、このシステムにて読み取り描いたものである。このシステムは、実験計測にもこのまま使用可能である。

3 実験結果の例

図3は、A点を約5.3秒の周期(T_p)で加振した時の、運動の実験結果の時系列を実線で示したものである。図中、 z はA点の上下変位、Pitchは物体の回転で尻が下がることを正とする。同様に図4は約2.9秒で、また図5は約0.9秒で加振した時の結果である。図3と図4ではPitchは零（物体水平）を中心に振れているが、図5では、偏って振れているのが分かる。図6にA点とB点の軌跡を示すが、このことがよく

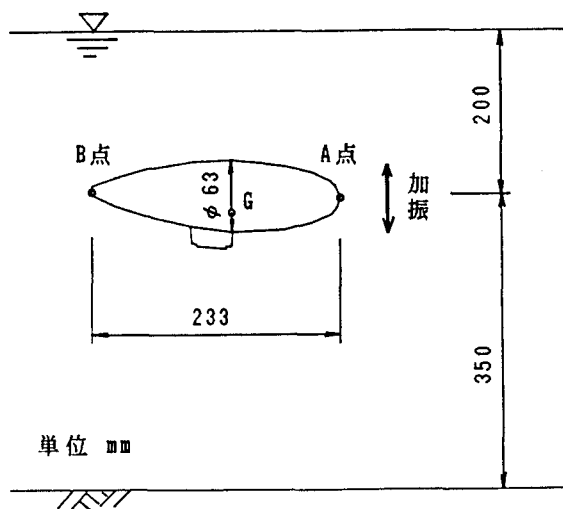


図1 模型の概要

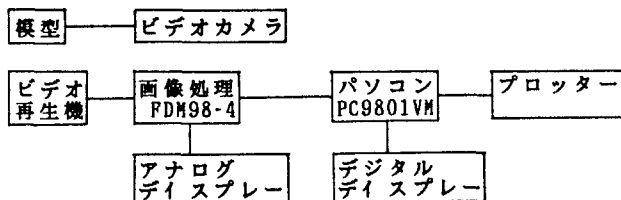


図2 運動計測システム

現れている。図3と図4の場合には、運動の結果、相対流れが物体のほぼ真横からあたっているのにたいして、図5の0.9秒の場合には、物体が円弧の上を滑るかのように物体長手方向に動くので、他の場合と異なり、迎角の小さい相対流れが物体に作用していると考えられる。興味深い運動といえる。

4 運動計算方法とその結果

さて、この様な運動に対するシミュレーション計算を試みた。

計算方法の概要は以下の通りである。すなわち、物体長手方向に10分割して、その各々の要素に働く流体力を、物体と流体の相対速度と相対加速度を用いたモリソン式により、二次元的に算出し、全体の運動方程式を立てる。すると、速度に関して非線形な微分方程式が得られるので、これを時間積分して解くというものである。

計算にあたり、モリソン式に使用する抗力係数は1.2、付加質量係数は1.0とした。実験のA点の動きを計算の入力としてPitchを計算してみると、図3、4、5に点線で示すような結果が得られた。図3、4の場合は実によく実験値を説明できる結果が得られている。このことから本計算方法がこの様な挙動の解析に極めて有効であることがわかった。なお、実験結果と異なり、計算結果には過渡応答が含まれているので、初めの1周期程は一致しない点に注意して頂きたい。

一方、図5においては、先に考察した理由により一致度は悪い。

5 結言

以上より、長円形物体の横手方向運動が卓越するような場合には、要素断面にモリソン式を用いる方法が有効であることを示すことができた。この様な小模型の実験から実機の挙動を推定することは、レイノルズ則から無理を生じるが、その運動の機構が分かり、シミュレーションができるならば、そのインプットに

実機の推定値を入れることで、実際の挙動の把握が可能になると考えられる。

なお、実験は当時本学四年の穴原昇、桐原稔の両氏の努力によるところ大であり、ここに感謝する次第である。

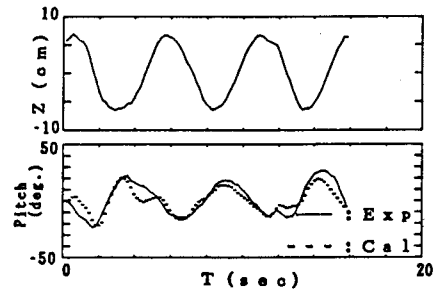


図3 加振変位とPitch角
($T_p=5.3\text{sec}$)

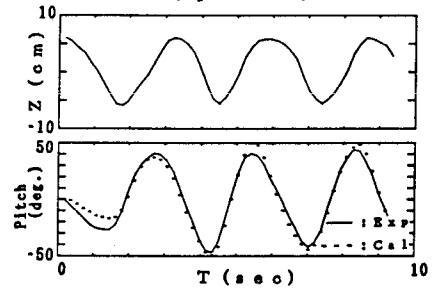


図4 加振変位とPitch角
($T_p=2.9\text{sec}$)

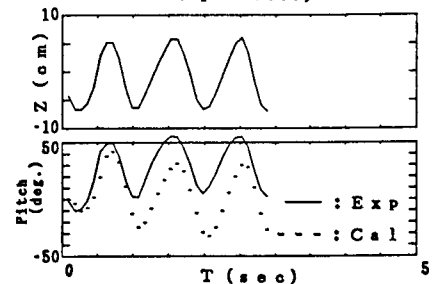


図5 加振変位とPitch角
($T_p=0.9\text{sec}$)

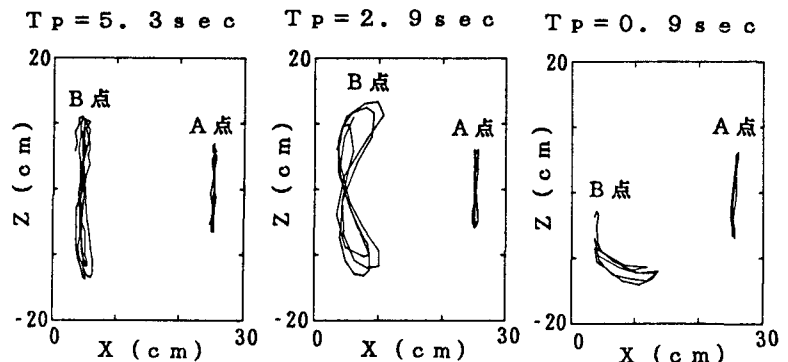


図6 A点およびB点の軌跡