

CS3-8〔I〕

一様流中に置かれた3自由度を持つ扁平角柱の動的挙動のシミュレーション

東京工業大学	学生員	○伊藤 嘉晃
清水建設大崎研究室	正員	田村 哲郎
宇宙科学研究所		桑原 邦郎
東京工業大学	正員	和田 章

1. はじめに

扁平角柱の不安定振動時における非定常空気力と応答を系統的に把握することは、近年の構造物の大スパン化に伴い重要となっている。ところで、シミュレーション解析によれば、流れの中にバネ支持された物体において、振動応答だけでなく空気力も計算結果として得られるので、こういった問題に対するシミュレーションは大いに期待されるものである。また従来、実験的手法により構造物の動的挙動に応じて卓越した成分を取り出し(つまり風直角方向やねじりに自由度を限定して)、空力弾性問題に関する研究が行なわれてきているが、実際の構造物のある断面を取り出して考えると、風方向、風直角方向、ねじりなどの多自由度系となっており、各自由度の拘束条件が構造物の挙動に与える影響は興味深く、シミュレーションによればこの種の問題の検討も容易である。本研究では、一様流中に弾性支持された並進2成分、回転1成分の計3自由度を持つ剛体の空力弾性問題に関するシミュレーションを行なった。

2. 解析方法

流れ場には、連続式および非圧縮性Navier-Stokes方程式を直接的に差分近似して解く。計算のアルゴリズムにはMAC法¹⁾を用いる。すなわち、圧力場は圧力のポワソン方程式からSOR法により解き、流速場はNS式をSemi-Implicit法で時間積分することにより求めている。NS式の移流項に対して、3次精度風上差分²⁾によって数値安定性を確保し、乱流モデルは用いない。角柱の移動に対し、一般座標変換を時間を含めて行ない、実際の流れ場の格子系を計算ステップ毎に移動させて解く³⁾。一方、構造物に関しては、矩形断面の剛体が、一様流中で風直角方向、風方向、ねじりの計3自由度を持つ場合を考える。

(図1参照)

解析は、流体と構造物の連成関係を考慮して流れ場の支配方程式と剛体の振動方程式を交互に時間積分して進められる。初期状態から定まる流れ場の流体力を外力として線形加速度法により振動方程式を解く。

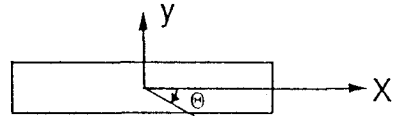


図1 解析モデルの座標系

得られた剛体重心の3成分の変位応答、速度応答に基づき位置および剛体表面の境界条件を決定し、新たな流れ場を解く。なお、振動方程式はMKS単位系で、流体の方程式系は一般に無次元で計算されるので、2つの方程式間での次元の変換を行っている。

解析モデルは次のように定めた。一次固有周期(y方向)2.4s、二次固有周期(x方向)、3次固有周期1.9s(ねじり)、辺長比5の角柱(みつけ幅=6m)、質点の重量7000tonとし、流体の方程式はReynolds一定(Re=10000)として計算しReの影響に関しては本解析では無視した。

3. 解析結果

風速は30m/s、時間30sから60s、角柱を静止させた状態の流体力を振動方程式に入力した場合と角柱と流体の連成関係を考慮した場合について比較したものを右ページに示す。なお、剛体中心に作用するx方向の力fd、y方向の力fl、ねじれモーメントをfmとする。変位が微小な範囲であったとしても、応答の変動性状は大きく異なっていることがわかる。

参考文献

- 1)F. H. Harlow and J. E. Welch, Phys. Fluid, Vol. 8, 1965.
- 2)T. Kawamura and K. Kuwahara, AIAA Paper, 84-0340, 1984.
- 3)T. Tamura, K. Tsuboi and K. Kuwahara, AIAA Paper, 88-0128, 1988.

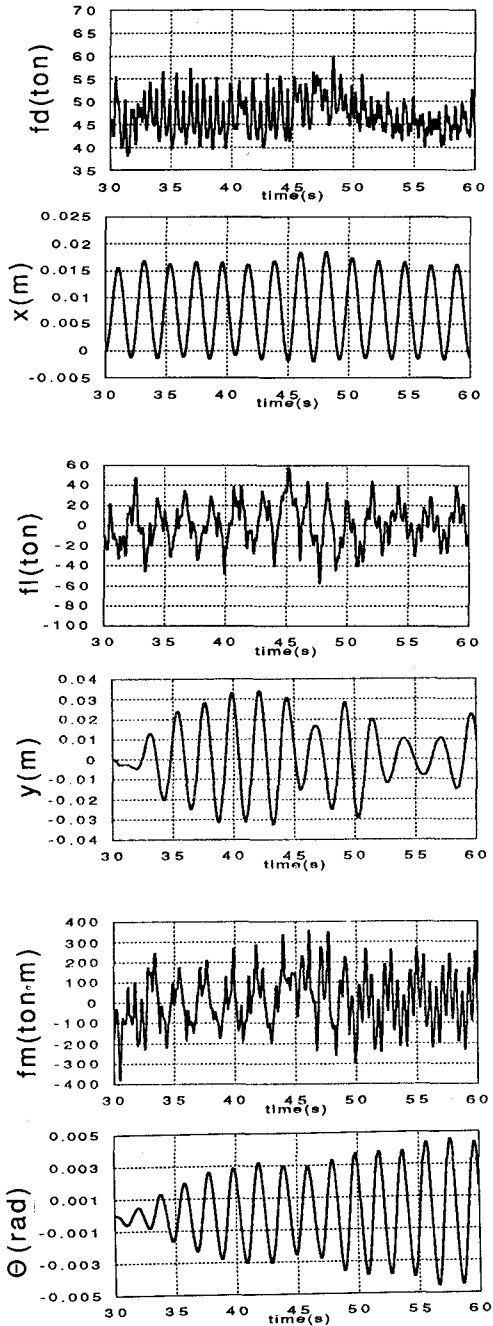


図2 非連成状態の流体力と応答変位

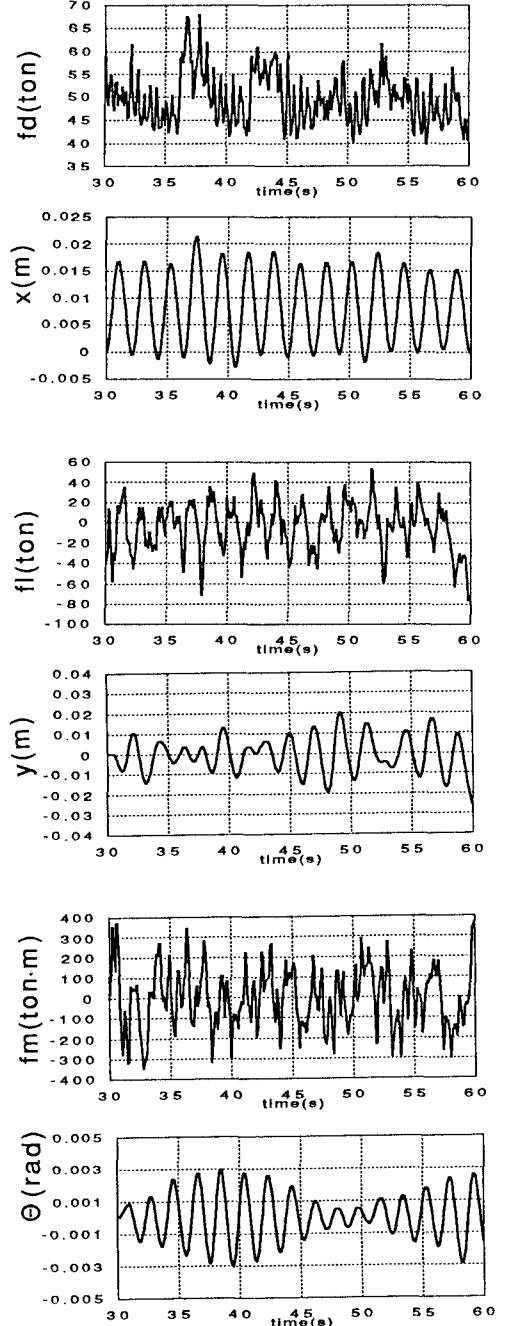


図3 連成状態の流体力と応答変位