

I-199

振動角柱まわりの流れの数値解析

石川島播磨重工業(株) 正 員 社 浦 潤一
立命館大学理工学部 正 員 小 林 紘士

1. まえがき

物体周辺の流れは、物体の振動に強い影響を受けるので、空力弾性振動を対象とした流体数値解析には物体の振動を考慮した解析が要求される。振幅が十分小さい場合、物体に接する流れの境界条件に物体の振動速度を与えることで近似することができる。振幅が大きい場合の解析は、渦系近似法により解析が試みられ、うまく流体の現象をとらえることに成功している。一方、差分法や有限要素法による場合、物体の動きに合わせて格子あるいは要素を各時刻ごとに作成して解いていく方法(Arbitrary Lagrangian and Eulerian Method, ALE法)が試みられている¹⁾。飯島・野村²⁾はこの方法を用いて円柱、正方形角柱の振動問題を解析している。本報告はALE法により正弦的に振動する正方形角柱に作用する流体力を調べたものである³⁾。

2. 解析

粘性非圧縮の二次元Navier-Stokes方程式をGalerkin法に基づき離散化し、図1に示すような有限要素モデルにより解析を行った。図の左側が上流側である。流速は2次、圧力は1次の補間関数を用いた。

時間積分はWilson- θ 法($\theta=0.7$)によった。角柱は、正方形角柱を上下方向に一定振幅で正弦的に振動させた。Reynolds数は100とした。角柱の無次元振幅 y_0/D 及び無次元風速 $\bar{V}$ は図2に○印で示した点の値とした。ここに、 D は角柱の辺長、 $\bar{V}$ は流速 V を D と振動数 N で除した値である。図においてIIの曲線はギャロピングの振幅、Iの斜線は渦励振の励振空気力の推定発生領域⁴⁾である。 $\bar{V}_{cr}=1/St$ である。静止角柱についての解析の結果、抗力係数 $C_d \approx 2.0$ 、ストローハル数 $St=0.19$ という値が得られた。ストローハル数は実験で得られる値 $St \approx 0.14$ より大きい値となった。

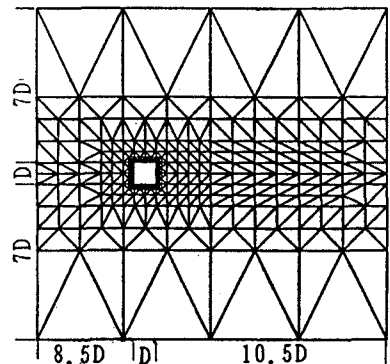


図1 要素分割
(要素数 526, 節点数 1112)

3. 解析結果

図3は、角柱が上死点にあるときの流速ベクトルである。a)に本解析による結果を、b)に溝田・岡島⁴⁾による流れの実測値を示す。図より、解析結果は実測値とほぼ同様の流況を示していることが分かる。

次に、図2の各風速において変動揚力を求めた。揚力の波形は、解析点1, 2の風速では、変位と同周期の力と他の周期の力とが混在したものとなっていた。その他の解析点の揚力は、変位と同周期で一定振幅の正弦波で

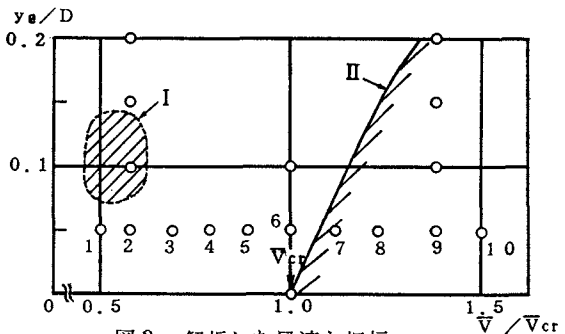


図2 解析した風速と振幅

あった。揚力係数の振幅 $\tilde{C}_L$ および変位に対する位相 ϕ (位相進み角正)を調べた結果が図4, 5である。図中曲線は、文献5)による実測値である。揚力係数の振幅の解析結果は実測値と同様の傾向を示している。位相角は実測結果と多少異なっているがギャロッピング領域で正の値となる傾向は合致している。

また、 $\bar{V}/\bar{V}_{cr} \doteq 1/2$ の風速において振幅を増大させて計算した結果、位相角は正の値となった。これは、文献4)で推定しているとおり、この風速域で大振幅の時、励振空気が角柱に作用することを示している。

4. 結論

有限要素法による非定常流体数値解析において、時間積分の各ステップで物体の運動に合わせて要素を作成する方法により、振動角柱周辺の流れの解析を行った。その結果、変動揚力の特性は実験結果と定性的に合致した。今後は、さらに解析モデルを改良し、定量的な検討を進めていく必要がある。

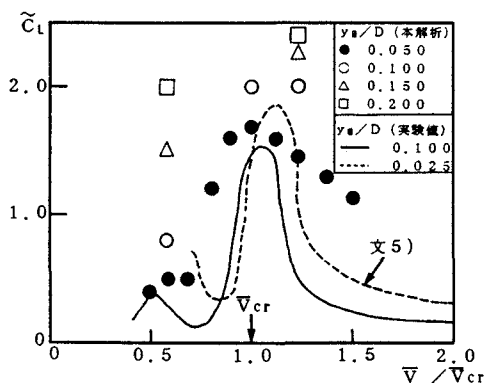
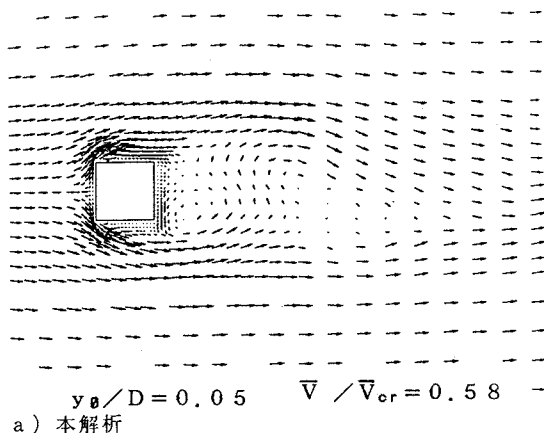
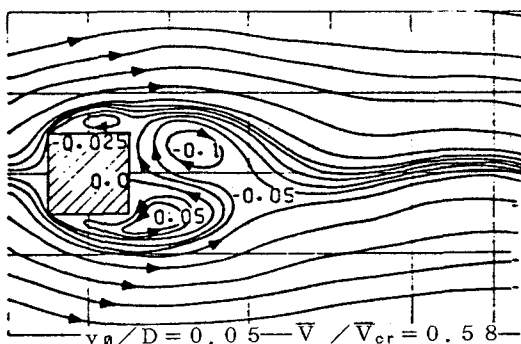


図4 揚力係数の振幅



a) 本解析



b) 実測値 4)
図3 流速ベクトル

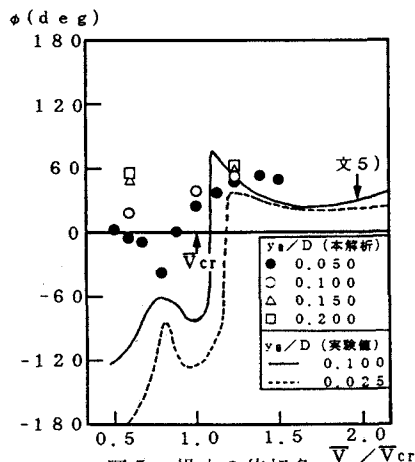


図5 揚力の位相角

<参考文献>

- 1) Hirt C.W., Amsden A.A., and Cook J.L., J. Compt. Phys. 14(1974), P227-253
- 2) 飯島政義, 野村卓史, 土木学会第44回年次学術講演会, 平成元年, P780-781
- 3) 小林紘士, 社浦潤一, 土木学会関西支部年次学術講演会, 平成2年
- 4) 溝田武人, 岡島厚, 土木学会論文報告集, No. 327, 1982, P49-60
- 5) Nakamura, Y., and Mizota, T., ASCE, EM 6 Vol. 101, 1975, P855-871