

I-346

弾性支持された物体回りの流れの有限要素解析

○三井造船 正員 平野廣和
中央大学 正員 川原陸人

1. はじめに

流れの中に置かれた鈍い形状を持つ構造物の後流にカルマン渦が生ずることは、よく知られていることである。このカルマン渦の発生に伴い、周期的な振動空気が生ずる。もし、物体が流体中に弾性支持されているとすると、周期的な振動空気がより弾性振動が誘起される。この現象は渦励振振動と呼ばれ、空力弾性学の分野において主要な研究の一つである。本論は、有限要素法を流れと構造物の振動連成問題の解析に適用し、数値解析の面から、渦励振振動現象の解明を試みるものである。

2. 基礎方程式

流れに対する運動方程式及び連続の方程式は式(1)(2)に、物体振動の運動方程式は式(3)に示す。

$$\dot{U}_i + U_j U_{i,j} + C P_{,i} - \nu (U_{i,j} + U_{j,i}),_{j} - f_i = 0 \quad (1)$$

$$\dot{P} + U_i P_{,i} + C U_{i,j} = 0 \quad (2)$$

$$M \mu \lambda \ddot{\lambda} + D \mu \lambda \dot{\lambda} + K \mu \lambda = Q \quad (3)$$

式(1)(2)に対してガレルキン法を適用し、圧力項と粘性項に部分積分をほどこした上で、有限要素方程式に定式化する。解析領域は三角形要素で離散化し、一次の形状関数で内挿補間する。また、時間方向の離散化には2段階陽的解法を用いる。式(3)は、図-1に示す様に重心点一点で弾性支持されているものとして連成方程式に書き換える。連成方程式の逐次時間近似には線形加速度法を用いる。

3. 解析手順

解析の手順は、図-2の流れに沿って実施する。第1に2段階陽的有限要素法により、流速と圧力を求める。第2に求めた流速と圧力から流体力の算定を行う。これが物体への外力となる。第3にこの外力により、物体の振動応答が求まる。第4に速度応答を適合条件によって、節点の運動速度に変換し、流速の境界条件として代入する。このプロセスを逐次繰返していく。

4. 数値解析例(角柱回りの流れの解析)

2次元弾性支持された角柱の渦励振振動について解析を実施した。ここでは弾性支持された角柱が静止している状態に、突然風が吹き始める場合を想定した。ただし振動応答は流れと直角の方向の自由度のみに着目し、その他の自由度に関しては剛性を大きく取り変位を制限している。解析に用いた諸元は文献[1]の実験結果との比較のため、同一とした。系の固有振動数は $f_n = 2.86$ 減衰定数は $h = 0.05$ である。解析は共振風速である無次元風速($\omega n = V / f_n d$) 8.0を中心として $\omega n = 7.0, 8.0, 9.0$ の3ケースについて実施した。ここで、 d は角柱の辺長である。図-3~4は $\omega n = 8.0$ での流速図である。図-3は下方へ変位する状態、図-4は上方へ変位する状態を示している。図-5は各風速の $Y0 = y / d$ で無次元化された変位応答図である。 $\omega n = 7.0, 9.0$ では変位がほぼ一定に収束しているのに対して、 $\omega n = 8.0$ では無次元時間 $T = 5.5$ 付近から発散している。図-6は発散点付近の流速図である。角柱表面の運動速度を表しているベクトルが大きく発散していることがわかる。ここでの発散現象は、物体の変位量を微小と仮定していることに起因していると考えられる。しかるに、この風速での物体の変位が、前後の風速に比べ急激に大きくなったことを示している。以上のことから、本解析で共振点を把握することができたと考えられる。

5. 終わりに

ここで提案した方法により、数値解析の面からも渦励振振動現象が捕えられることができたと考ええる。

<参考文献> [1] 藤井・鷺津他 “箱型建物模型の風洞実験” 清水建設研究所報 第18号 1971

[2] 平野・川原 “振動円柱回りの流れの有限要素解析” 第40回年講 1985

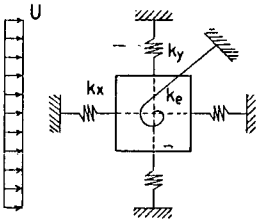


図-1 振動モデル

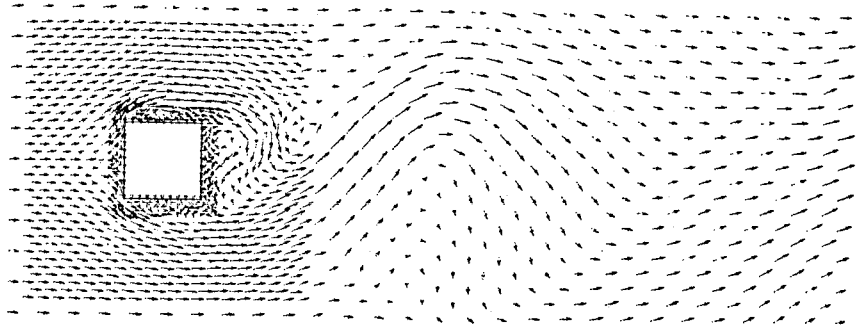


図-3 $\omega n = 8.0$ $T = 3.0$

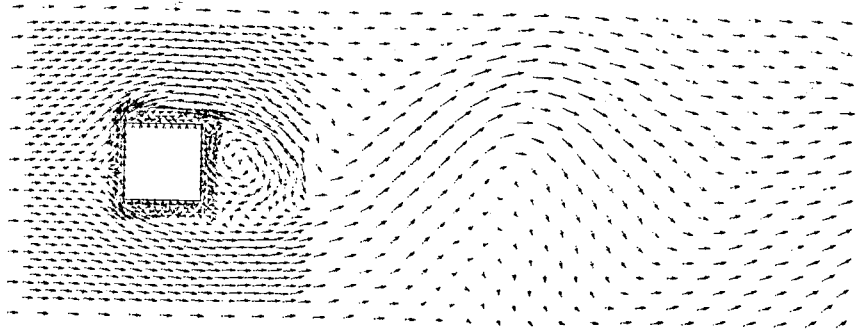


図-4 $\omega n = 8.0$ $T = 3.1$

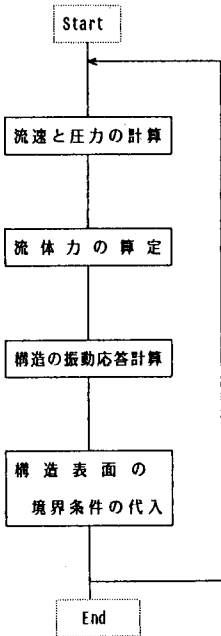


図-2

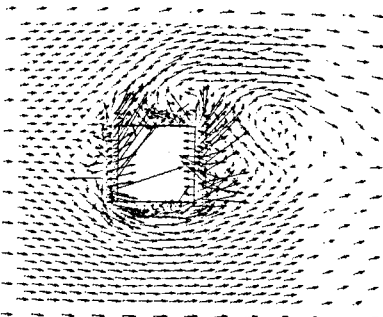


図-6 $\omega n = 8.0$ $T = 5.52$

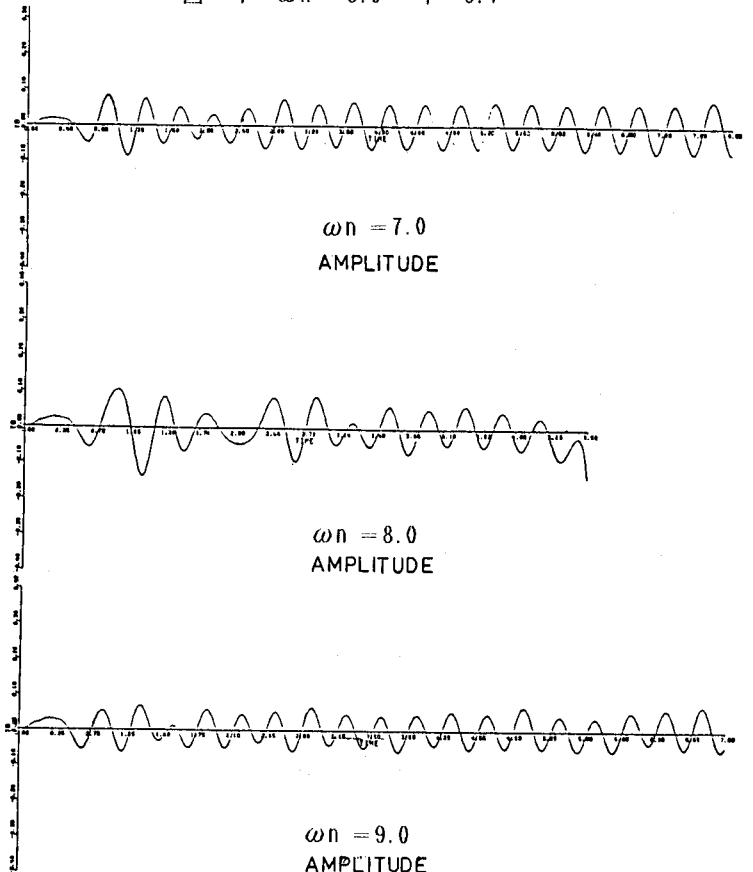


図-5 変位応答