

三菱重工業株式会社 正員○稻室 隆二

三菱重工業株式会社 正員 坂田 弘

1. まえがき 風工学における流れの数値解析の一つの目標は、自由振動法による風洞実験に対応する有限振動応答シミュレーション技術を開発することである。すなわち、流れ解析によって求まる非定常流体力を用いて断面の時々刻々の振動応答を計算する手法の開発である。そのためには、i)有限振動断面に作用する非定常流体力を求める解析法の開発、およびii)i)の解析法と断面の運動方程式を解く解析法とを組み合わせた断面の振動応答計算法の開発、が必要である。本報では、渦点法¹⁾と線形加速度法²⁾とを組み合わせた有限振動応答シミュレーション法と本手法を正方形断面の鉛直曲げ1自由度線形系に適用した数値計算結果を紹介する。

2. 有限振動時の境界条件 渦点法において断面が有限振動する時の境界条件は次式で与えられる。

$$(u - u_s) n_x + (v - v_s) n_y = 0 \quad (1)$$

ここに、 (u, v) は表面上流速、 (u_s, v_s) は断面移動速度、 (n_x, n_y) は表面外向き法線ベクトルである。

3. 有限振動時の非定常流体力 有限振動時の断面に作用する非定常流体力は、断面まわりの圧力分布を積分して求める。なお、断面まわりの圧力係数 C_p は次式により計算することができる。

$$C_p = \frac{1}{1/2 U^2} \left(-\frac{\partial \phi}{\partial t} - \frac{1}{2} (u^2 + v^2) + \frac{1}{2} U^2 \right) \quad (2)$$

ここに、 U は一様流速、 ϕ は速度ポテンシャルである。

4. 振動応答計算法 鉛直曲げ1自由度線形系断面に非定常揚力 $L(t)$ が作用するときの運動方程式は次式で表わされる。

$$M(\ddot{y} + 2f_0\delta_s\dot{y} + 4\pi^2 f_0^2 y) = L(t) \quad (3)$$

ここに、 M は質量、 f_0 は系の固有振動数、 δ_s は系の対数減衰率である。ただし、 $\delta_s \ll 1$ と仮定している。(3)式の時間積分には線形加速度法を用いる。

5. 数値計算条件

時刻 $t=0$ で静止している正方形断面(1辺の長さ b)に急に迎角 $\alpha = +3^\circ$ 、流速 U の一様流が当たった以後の非定常流体力および断面の振動応答を計算する。その他の数値計算条件をまとめて表1

表1 数値計算条件

	質量比 ($M/\rho b^4$)	対数減衰率 (δ_s)	無次元風速 ($U/f_0 b$)
Case 1	15.0	0.02	4.2
Case 2	15.0	0.02	8.3
Case 3	15.0	0.02	16.7
Case 4	150.0	0.02	16.7
Case 5	7.5	0.02	16.7

に示す。

6. 数値計算結果 計算結果のフローパターンの一例を図1、図2に示す。図中の破線は断面の初期位置、断面内の矢印は変位方向および変位量を示す。以下、計算結果の揚力係数変動および振動応答(図3)をそれぞれのパラメータについてまとめる。

①風速変化・・・よく知られているように、正方形断面の無次元共振風速は約8.0である。共振風速より低いCase 1では、揚力係数変動はあるが断面の振動は生じない。共振風速に近いCase 2では、揚力係数変動の大きさはCase 1とほとんど変わらないが断面の振動が発生する。更に高風速のCase 3ではギャロッピングと考えられる大きな振幅の振動が発生する。②質量変化・・・断面の質量をCase 3の10倍にしたCase 4では、振幅が小さくなりほとんど振動が発生しなくなる。一方、断面の質量をCase 3の1/2倍にしたCase 5では、振動振幅が大きくなる。また、振動振幅が大きくなるに従い、揚力係数変動は小さくなる。

以上の結果は定性的に実現象とよく対応していると考えられる。

7. あとがき 渦点法は、有限振動時の境界条件の取り扱い易さから有限振動応答解析に有望な手法であると考えられる。今後、更に多くの適用計算および実験値との比較により本解析法の適用範囲を確認して行きたい。

<参考文献> 1) 稻室・足立、日本風工学会誌第28号(1986)、29、2) 片山・宮田・国井、新体系土木工学10構造物の振動解析(技報堂出版、1979)、129

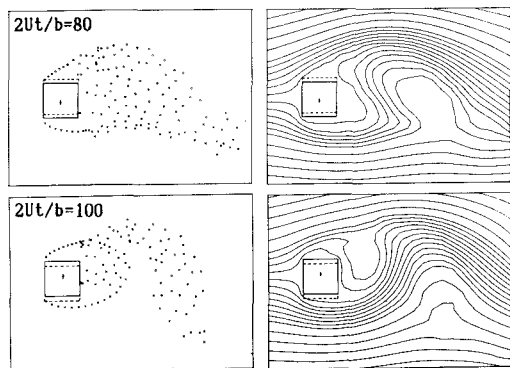


図1 フローパターン (Case 3)

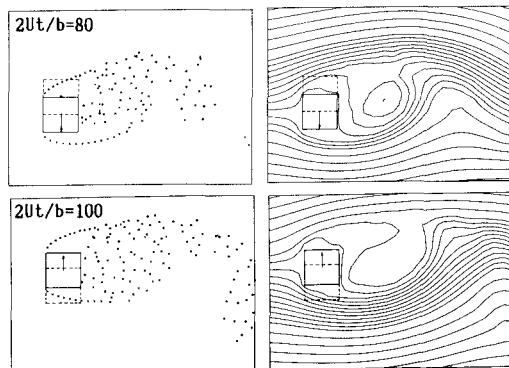
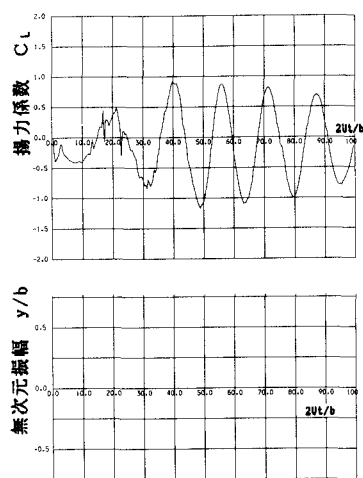
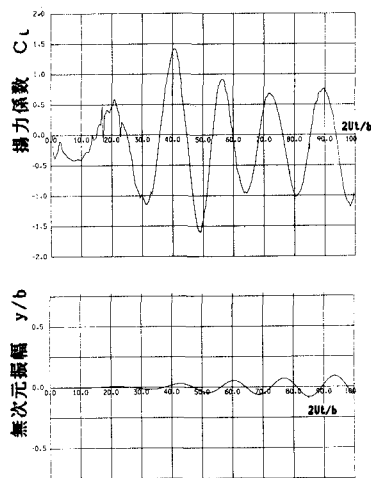


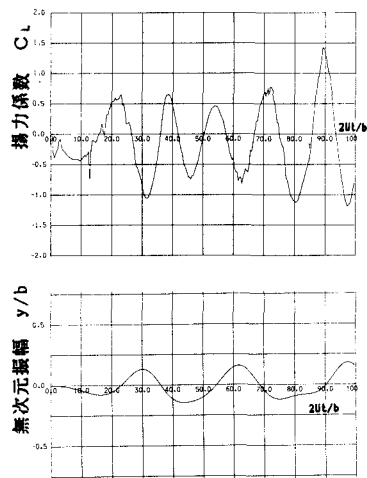
図2 フローパターン (Case 5)



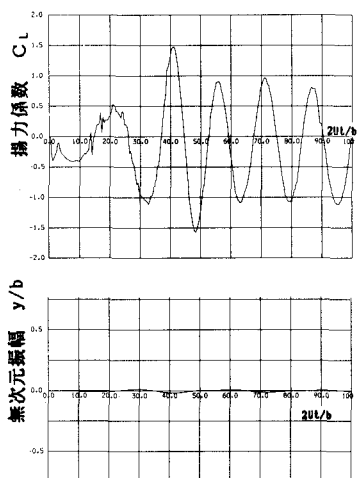
(a) Case 1



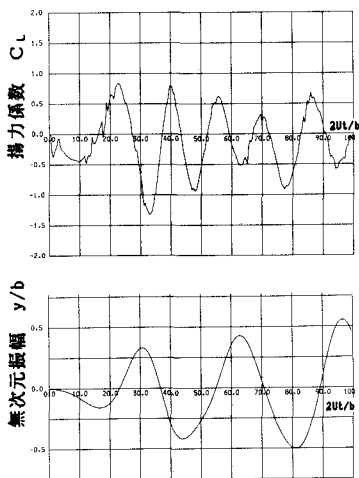
(b) Case 2



(c) Case 3



(d) Case 4



(e) Case 5

図3 揚力係数変動および振動応答