

I-347 渦点法による振動断面に作用する非定常流体力の一解析

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 斎藤 通

三菱重工業株式会社 正員 坂田 弘

1. まえがき

前報^{1,2)}までは、渦点法を用いた静止断面まわりのフローパターンおよび断面に作用する流体力の解析結果について報告した。しかし、一般に構造物の空力不安定振動を解明するためには、振動断面に作用する非定常流体力を求める必要がある。そこで、本報では渦点法による振動断面に作用する非定常流体力の解析例として、長大橋梁の補剛桁によく用いられる逆台形断面を取り上げ、迎角+7°の一樣流中でねじれ振動するとき断面に作用する非定常モーメントを求め、ねじれフラッタの発生する流速範囲およびねじれ中心の位置がフラッタ発生に及ぼす影響について調べた結果を報告する。

2. 境界条件

図1に示す逆台形断面が、一樣流中でねじれ中心(x_0, y_0)のまわりに次式で表されるねじれ振動 $\theta(t)$ をするものとする。

$$\theta(t) = \theta_m \cos 2\pi f_m t \quad \text{----- (1)}$$

ここで、 θ_m は加振振幅、 f_m は加振振動数である。また、 $\theta(t)$ の符号は頭上げを正とする。なお、加振振幅 θ_m は小さいとして微小変動理論を適用する。

3. 非定常モーメント

よく知られているように、ねじれ振動の1サイクル毎に非定常モーメントが断面に対してなす仕事は、次式で与えられるモーメント係数 C_M の加振速度に比例する部分 $C_{M,1}$ と関係づけられる。

$$C_{M,1} = -2/T \int_0^T C_M(t) \sin 2\pi f_m t dt \quad \text{----- (2)}$$

ここに、積分時間 T は加振周期 $T_m (=1/f_m)$ の整数倍をとる。(2)式で得られる $C_{M,1}$ によりフラッタ発生の安定判別が可能となる。すなわち、 $C_{M,1} > 0$ のとき流体力は励振力となり、 $C_{M,1} < 0$ のとき流体力は減衰力となる。

4. 数値計算条件

物体表面の渦分布は、要素内で線形変化する連続な渦分布を用いた。計算は、無次元振動数 $f_m b/U = 0.594, 0.475, 0.396, 0.339$ の4ケースについて行なった。なお、振幅は $\theta_m = 1^\circ$ とした。また、ねじれ中心の位置の影響を見るため、図2に示す4点をねじれ中心にした計算を行なった。

5. 数値計算結果

本計算は流速 U を一定とし加振振動数を変化させて行なったが、以下では無次元流速 $Ur (=U/f_m b)$ で

整理する。計算結果のフローパターンの一例を図3に示す。まず、 $Ur = 2.95$ でねじれ中心の位置を変化させたときの $C_{M,1}$ および C_M の履歴曲線を図4および図6に示す。なお、 $C_{M,1}$ および履歴曲線は C_M の時間変化の最終の2周期を平均したものである。ねじれ中心が①、④のとき C_M が反時計回りに変化し $C_{M,1} < 0$ (減衰力)になり、ねじれ中心が②、③のとき C_M が時計回りに変化し $C_{M,1} > 0$ (励振力)になる。すなわち、ねじれ中心の位置が弦長中心から弦長の10%~20%前方にあるとき、流体力が励振力になることがわかる。

次に、ねじれ中心の位置を4点の中で最も不安定な③に固定し、無次元流速を変化させたときの $C_{M,1}$ および C_M の履歴曲線を図5および図7に示す。 $Ur = 1.69$ では C_M が反時計回りに変化し $C_{M,1} < 0$ (減衰力)になるのに対して、 $Ur = 2.11, 2.53, 2.95$ では C_M が時計回りに変化し $C_{M,1} > 0$ (励振力)になる。すなわち、もし構造的な減衰力がなければ、 $Ur \geq 2.1$ でフラッタが発生することになる。なお、図5には、構造減衰 $\delta_s = 0.02$ のときの限界流速につき、実験値³⁾と計算結果からの推定値を示しているが、両者は比較的良好に対応している。

6. あとがき

渦点法を用いて振動断面に作用する非定常流体力を解析し、実験値と比較してほぼ妥当な結果を得た。しかし、ここで扱ったのは微小振動する断面であり、今後は更に本解析法を大振幅振動する断面にも適用できるように展開する予定である。

<参考文献>

- 1) 稲室・斎藤・足立, 土木学会第37回年次講演会 I-233(1982)
- 2) 稲室・斎藤・足立, 土木学会第38回年次講演会 I-273(1983)
- 3) 松川・松村・亀井, 土木学会第39回年次講演会 I-302(1984)
- 4) H. Sakata and T. Inamuro, Proc. 5th U.S. National Conf. on Wind Eng. 58-33(1985)

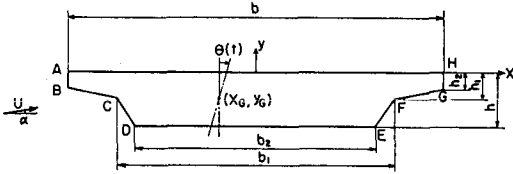


図1 一様流中でねじれ振動する逆台形断面 ($\alpha = +7^\circ$)

● Pitching center

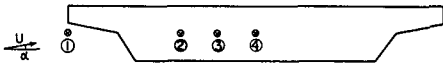


図2 ねじれ中心の位置

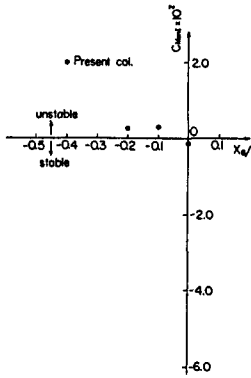


図4 C_{m1} とねじれ中心の位置との関係

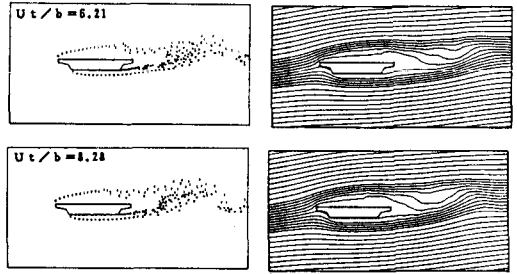


図3 ねじれ振動する逆台形断面を過ぎる流れ ($U_r = 1.69$, ねじれ中心=③)

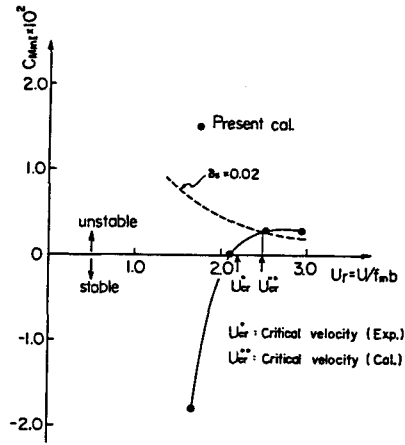


図5 C_{m1} と無次元流速 U_r との関係

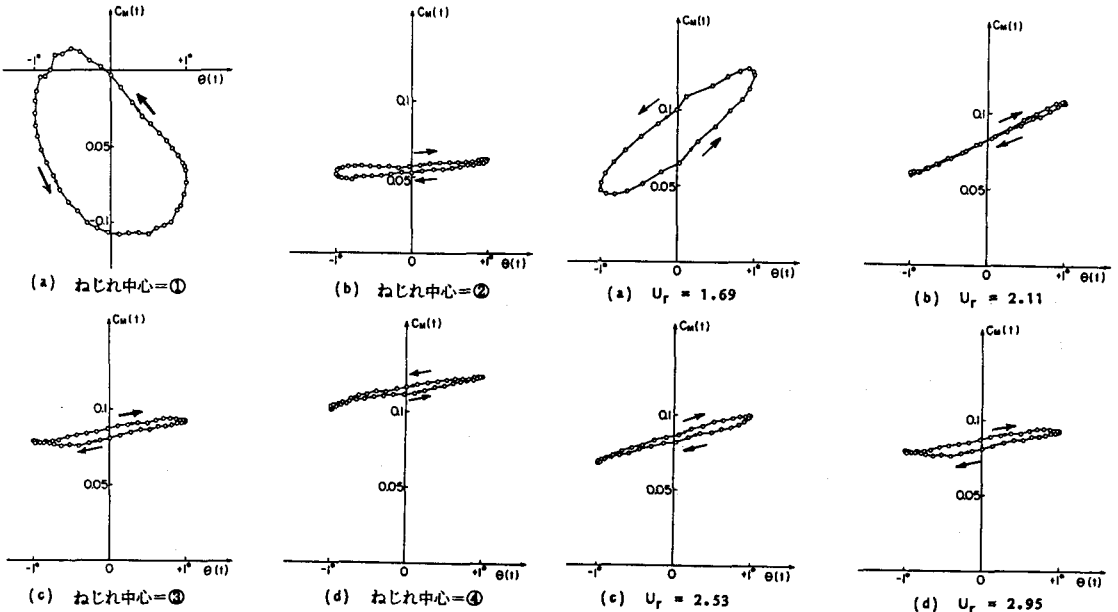


図6 モーメント係数 C_m の履歴曲線 ($U_r = 2.95$)

図7 モーメント係数 C_m の履歴曲線 (ねじれ中心=③)