

振動平板周辺の流れのうず系近似法による数値解析

立命館大学 理工学部 正員 小林 紘士
京都府 正員 ○齊藤 利夫

1 まえがき 風による動的現象のうち、ねじれフラッターは長大橋補剛桁などに発生
の認められる現象であるが、その発生風速の推定は風洞実験によらざるを得ないのが実状
である。その振動発生機構が十分にわからないため、解析的又は数値的な扱いが難しいか
らであると考えられる。本研究はねじれフラッター問題へのアプローチとして平板回りの
流況を数値的に解析する。

2 モデル化 本研究では、解析手法として渦系近似法を採用する。この手法では、平
板の後流部における剝離せん断層を平板端部から絶えず放出される非粘性の渦系として扱
う(図1)。そのため、平板周りの流れは非粘性のポテンシャル流として扱える。

本解析では、中心軸周りを正弦波的にねじれ振動する平板が静止流体中を一定速度 U で
動き始める場合を扱う。式(1)を用いて写像平面における半径 R の円柱を物理平面にお
ける弦長 $B (=4R)$ の平板に写像する。

$$G = i e^{-i\beta} \left(Z - \frac{R^2}{Z} \right) \quad (1)$$

ここで、 β は平板の迎え角を示す。

複素速度ポテンシャル W は、一様流の影響と渦系の
影響と振動の影響を重ね合わせて求められ式(2)の
ように表現される。

$$W = i e^{-i\beta} \left(Z - \frac{R^2}{Z} \right) + i \frac{1}{2\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{k=1}^{\infty} \Gamma_k \left\{ \log(Z - Z_k) - \log \left(Z - \frac{R^2}{Z_k} \right) \right\} + i \chi \frac{R^2}{Z^2} \quad (2)$$

ここで、 χ は平板の迎え角の変動分を示し、 Γ は渦系の強度である。

本解析では、渦系の循環 Γ は式(3)によって求める。

$$\Gamma = \int V \, ds = \frac{1}{2} V_s^2 D T \quad (3)$$

ここで、 V_s は境界層上と物体表面での速度差であり、 $D T$ は渦系の発生時間間隔である。

各渦系に生じる速度 $u - i v$ を式(4)により求め、一定時間内の渦系の移動量を
計算する。この計算を繰り返すことにより、平板周りの剝離流の流況を調べる。

$$u - i v = \frac{dW}{dG} = \frac{dW}{dZ} \frac{dZ}{dG} \quad (4)$$

平板に作用する流体力は、式(5)で示される圧力方程式により求める。

$$P = -\rho \frac{\partial \Phi}{\partial t} - \frac{1}{2} (u^2 + v^2) \quad \frac{\partial \Phi}{\partial t} = \operatorname{Re} \left(\frac{\partial W}{\partial t} \right) \quad (5)$$

3 解析結果 平均迎角 $\beta = 7.5^\circ, 27^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ のケースについて振動しない平板に関
する解析を実行した。渦系の発生点位置を板の先端、後端からそれぞれ板幅 B の K 倍だけ
離れた板面の延長線上にとり計算を進めた。抗力係数、ストローハル数の実験値および流
れの可視化実験の結果と比較しながら K を決定した。その結果を表1および図2に示す。

次に、平板を板幅の中心点周りに片振幅 $\alpha = 1.75^\circ$ で回転振動させ、求められた K によ
る渦発生点を利用して計算を実行した。平板の先端が下向き運動中の渦系の配置を図3に

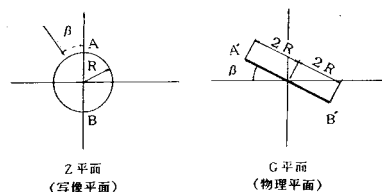


図1 写像

4 結 論

渦糸近似法により、振動中の傾斜平板周りの流れを近似できる。

流力モーメント、圧力分布の性状も調べ、平板のフラッタの発生機構を調べることができるものと考ええる。

示す。図の○印が先端部から、+印が後端部から発生した渦糸である。また実線は、可視化実験から得られた流脈をトレースしたものである。解析結果は実際の流れを近似できているものと推察される。

表-1 解析値と実験値の比較

	K	抗力係数		ストローハル数	
		解析値	実験値	解析値	実験値
7.5°	1.0013	0.075	0.056		
27°	1.0049	0.426	0.340	0.434	0.330
45°	1.0055	1.791	1.194	0.185	0.205
60°	1.0070	2.232	1.706	0.177	0.173

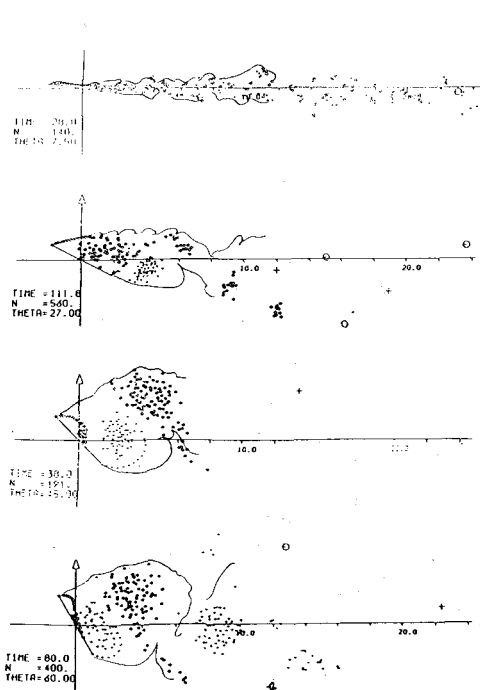


図2 静止平板の後流

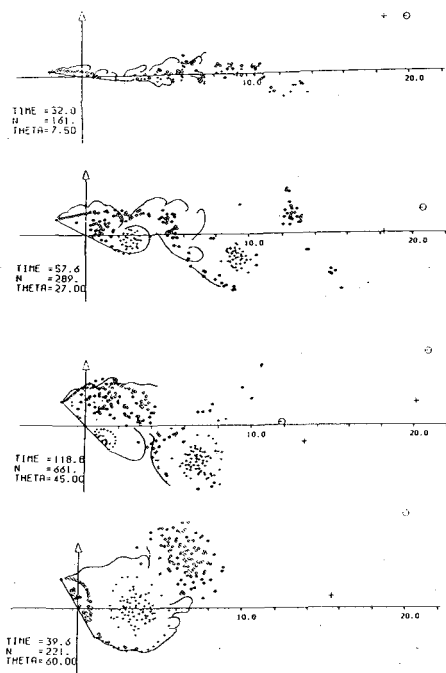


図3 振動平板の後流

- 参考文献 1) 小林、小松：振動角柱周りのはく離流の数値解析、土木学会第34回年次講演会、昭和54年 2) 木谷、有江：傾斜平板に対する非粘性渦放出モデルに関する一寄与 日本機械学会論文集(第2部)、40巻367号、1977. 3 3) 篠原、田中、花村：失速フラッターに及ぼすカルマン渦の影響 日本機械学会論文集(第2部)、40巻399号、1974. 11 4) 今井：流体力学(前編)、裳華堂、1979. 5