

1. まえがき

長大構造物の耐風安定性の問題は、つり橋を中へり、わが国においても理論的、実験的研究が数多く行われて来ているが、まだ十分な成果が得られていない。ここでは、セバン橋に採用され、経済的に有利であることが証明された形式—箱形断面補剛桁について、その空力特性を理論的に考察しようとするものである。この種の厚みのある物体に対しては流れは剥離し、従来のトラス補剛桁に対して用いられた *Theodorsen* 型を空力とは異なったものが作用すると考えられる。これについては Y. T. Wu⁽¹⁾ の研究が注目されるが、*Levi-Civita* の方法を適用した白石・小川⁽²⁾ の研究も同じ流れに類するものと考えられる。ここでは、Y. T. Wu の方法を動的現象に適用するための中間段階として、準定常流場を考え、迎角に対して発生すると予想されるいくつかの流れのパターンに対する空気を求め、それを用いてアナログシミュレーションにより、2 自由度系の振動モデルの答動を解析しようとするものである。

2. 空気の解析.

Fig. 1 に示されるように、セパン型の箱形断面物体を流れの中へ置けば、その迎角と入りの長さによって、 α_1 -I, α_1 -I', α_2 -I₂ 等の flow-pattern が考えられる。それぞれの pattern に対して置いた空気が作用する筈である。平板の場合には、風洞実験によれば、迎角 ± 10 度前後で剥離の生じる α が観測されている。したがって、物体の相隣る迎いのなす角がこれ以上になると剥離が起ると想定する。隅角部をまわる流れは、 α_1 -I₂ のような流れのとき、その尖で流速が無限大となるわけであるが、ここでは小さな bubble が発生し、流れを連続させることを考えることにする。今、Fig. 2-(ii) の z -plane において示される流れについて空気を求めることにする。

流れの複素速度ポテンシャルを $f = \phi + i\psi$ とすれば複素速度は、次のようである。

$$w(z) = \frac{df}{dz} = u - iv = f e^{-i\theta}$$

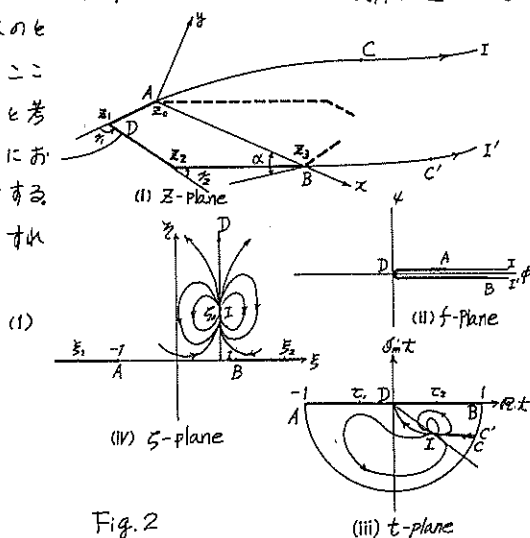
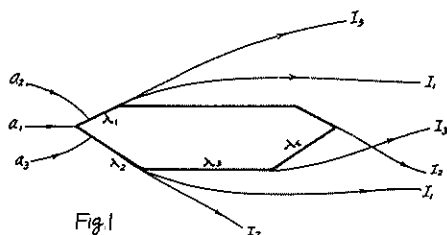


Fig. 2

迎角と α , 流速と U とすれば w は無限遠下流 ($z=\infty$) において σ の境界条件を得る。

$$w_{z=\infty} = U e^{-i\alpha} \quad (2)$$

near-wake AC, BC' の自由流線に沿う流速 q_c を $q_c=1$ と正規化し, Bernoulli の定理と, Circulation Number σ の定義により

$$U = (1 + \sigma)^{-1/2} \quad ; \quad \sigma = (p_0 - p_c) / \frac{1}{2} \rho U^2 \quad (3)$$

ここで, t なる新しい parameter を導入し, z, w を次のように変換する [Fig. 2-(iii), (iv)]

$$\begin{aligned} z &= \frac{1}{4} A (s - s_0)^2 (s - \bar{s}_0)^2 \\ s &= \frac{1}{2} (t + t^*) \quad , \quad A: \text{境界条件から定まる正の定数} \quad s_0: z \rightarrow \infty \text{ の写像} \end{aligned} \quad (4)$$

$$z(t) = A t^2 [(t - t_0)(t - \bar{t}_0)(t - t_1)(t - \bar{t}_1)]^{-1} \quad (5)$$

一方, $w = w(t)$ は, z -plane の z_1, z_2 を t -plane の t_1, t_2 に定めるような変換と考えれば良く, 次のような写像関数となる。

$$w(t) = e^{-i\alpha_0} t \left(\frac{t - t_1}{t_1 t - 1} \right)^{\beta_1} \left(\frac{t - t_2}{t_2 t - 1} \right)^{\beta_2} \quad , \quad \beta_0: \text{leading edge と } z\text{-軸のなす角} \quad (6)$$

$z \rightarrow \infty$ の写像点 s_0 は t -plane 上の点として式(6)から求められる。A, t_i については $\varphi=0$ の流線を物体表面に沿って積分することにより次のように求められる。

$$\lambda_i = |z_i - z_{i-1}| = \int_{t_{i-1}}^{t_i} \frac{1}{|w|} \left| \frac{dz}{dt} \right| dt \quad i=1, 2, 3 \quad (7)$$

このようにして求められる流れの場合において, 物体が受ける力は, 抗力, 揚力と X, Y とし, 合力と $F = X + iY$ とすれば,

$$F = i \int_A^B (p - p_c) dz = -\frac{1}{2} i \rho \oint (1 - w \bar{w}) \frac{dz}{dt} dt \quad (8)$$

となる。これを用いて Fig. 1 a, i-1 の流れに相当する Fig. 3 の場合について数値計算を行うと, Fig. 4 のような無次元化された空気力係数と求めることが出来る。

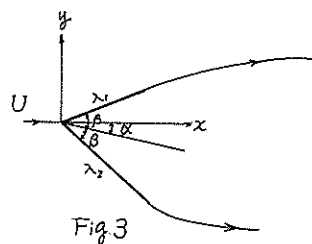


Fig. 3

3. 動的挙動の解析

2-自由度系の運動方程式は, 鉛直変位 z , 回転変位 θ とし,

$$\begin{aligned} m \ddot{z} + C_z \dot{z} + k_z z &= \frac{1}{2} \rho U^2 C_L(z, \theta) \\ I \ddot{\theta} + C_\theta \dot{\theta} + k_\theta \theta &= \frac{1}{2} \rho U^2 b C_M(z, \theta) \end{aligned} \quad (9)$$

k によって定められる。右辺の C_L, C_M は §.2 で計算される空気力を用い, アナログ回路で構成し, 様々の U に対する応答を検討するわけであるが, 上記計算例以外の空気力および動的挙動については講演当日補足したいと考える。

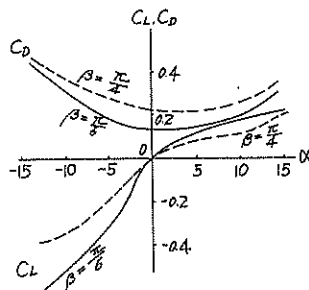


Fig. 4

(1) Y.T. Wu "A wake model for free streamline theory Pt. 1," J. of Fluid Mech. Vol. 13, 1962.

(2) 白石 小川 "槽形断面に作用する二次元定常空気に関する自由流線理論の応用について" 土木学会論文集 No. 187 1971. 3