箱型断面に作用する定常空気力に関する基礎的研究

京都大学工学部　正員　小西一郎
京都大学工学部　正員　白石成人
京都大学工学部　正員　宇都宮英彦
川崎重工業　正員　○小川一志

1．まえがき

本研究では，箱型断面に作用する定常空気力を不連続流理論の立場から，Roshko model を用いて，解析した。後流変数（wake parameter）の導入により，定量的にも，理論値と実験値との比較を試みた。また，物体に作用する空気力は，そのまわりの流れの状態により，決定されると思われるが，その要因としての　迎角 α，後流変数 σ_w，断面の縦横比 S_1/S_2 などによる影響も考慮して，考察を加えた。

2．箱型断面のまわりの流れ

物体のまわりの流れは，後流域（wake）とその外部とに分けられる。後流域における流れの様子は，かなり複雑であり，詳細な考察を適用することは，現在のところ，あまり試みられていない。ここでは，後流域を，圧力が一定な領域とみなし，その圧力は，the wake pressure に等しいと仮定する。後流域が完全に発達したとき，後流域に接する物体の部分は，流れに何ら影響をおよぼさないので，箱型断面は，きょう角90°のくさびと，みなすことができよう。箱型断面のまわりの流れの状態として，次のような分類が，考えられる。

1）流線は，くさび形の両端で，はく離する。
　1-1　停留点が角部と一致する。（TYPE 2）
　1-2　停留点が角部以外にある。（TYPE 3）

2）流線は，角部で，はく離する。
　2-1　角部ではく離した流線は，そのまま，自由流線を形成し，傾いた平板のまわりの流れの状態と一致する。（TYPE 1）
　2-2　角部ではく離した流線は，まき込んで　re-entrant jet を形成する。

3．箱型断面に作用する定常空気力

不連続流問題では，物体に作用する定常空気力は，一般的に Levi-Civita の式で表わされる。すなわち，抗力 X，揚力 Y，曲げモーメント M（停留点まわり，頭下げを正）は，次式で与えられる。

$$X+iY=-\frac{i\rho}{2}\oint e^{i\omega}\frac{dW}{d\zeta}d\zeta \tag{1}$$

$$M=\frac{\rho}{2}Rl\int_{(BCA)}[e^{-i\omega(\zeta)}-e^{-i\omega(\bar{\zeta})}]\,z\,\frac{dW}{d\zeta}d\zeta \tag{2}$$

ただし，ρ は流体密度，U は流速，W は複素速度ポテンシャルであり，ω は次式で定義される関数である。

$$e^{-i\omega(\zeta)} = \frac{dW}{dZ} \tag{3}$$

後流域での the wake pressure p_w を考慮するため、後流変数 σ_w を導入する。

$$\sigma_w = (p_\infty - p_w) / \tfrac{1}{2}\rho U^2 \tag{4}$$

ただし、p_∞ は無限遠点における圧力である。

Roshko model では、σ_w の効果は、次式で表わされる。

$$\Omega = -\sqrt{\omega^2 + \varepsilon^2} \tag{5}$$

ただし $\varepsilon = \frac{1}{2}\log(1+\sigma_w)$ (6)

このとき、関数 $\Omega(\zeta)$ は、物体のまわりの流れの状態をすべて決定する。

ここでは、流れの型 TYPE 1 (2-1) TYPE 2 (1-1) TYPE 3 (1-2) について考察した。

TYPE 1 ; $\Omega(\zeta) = i\log[(1+\zeta e^{-i\beta})/(1+\zeta e^{i\beta})] + \sum_{n=1}^{3} A_n\zeta^n$ (7)

TYPE 2 ; $\Omega(\zeta) = \frac{1}{2}i\log[(1+\zeta e^{-i\beta})/(1+\zeta e^{i\beta})] + \sum_{n=1}^{3} A_n\zeta^n$ (8)

TYPE 3 ; $\Omega(\zeta) = i\log[(1+\zeta e^{-i\beta})/(1+\zeta e^{i\beta})]$ (9)

$- \frac{1}{2}i\log[(1+\zeta e^{-i\beta'})/(1+\zeta e^{i\beta'})] + \sum_{n=1}^{3} A_n\zeta^n$

解析関数 $\Omega(\zeta)$ は、$\zeta = e^{i(\pi-\beta)}$, $e^{i(\pi-\beta')}$ で対数特異点をもち $\Omega(\zeta)$ の跳躍条件をみたす。

4、計算結果とその検討

箱型断面に作用する定常空気力は、式 (1)、(2)、(7)-(9) によりえられるが、ここでは、京都大学大型計算機を使用して、数値解を計算した。図-1, 2 は、$\sigma_w = 0$ の場合、断面の縦横比 S_1/S_2 が、空気力係数におよぼす影響を示す。$S_1/S_2 = 1/\infty$ は平板、$S_1/S_2 = 1/1$ は正方形断面に対応する。図-3, 4 は、後流変数 σ_w を考慮して、正方形断面に作用する空気力係数を示す。理論値は、実験値と傾向がよく似ており、特に、抗力係数は、$\sigma_w = 0.6$ あたりで、定量的にも一致する。

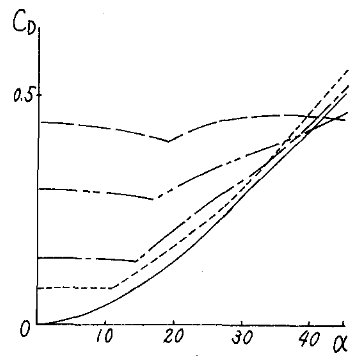

図 − 1

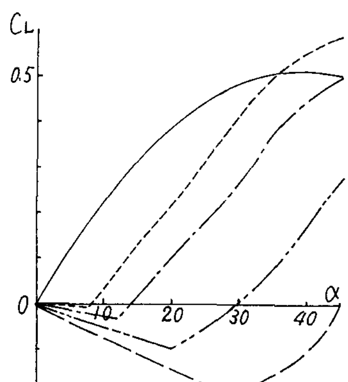

図 − 2

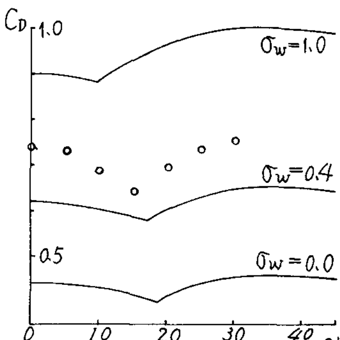

図 − 3

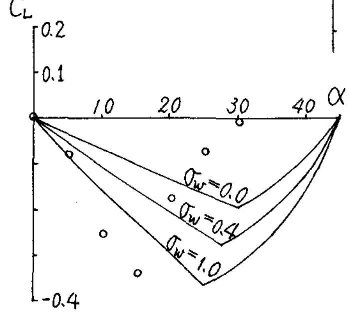

図 − 4