

京都大学工学部 正員 工博 小西一郎
 京都大学工学部 正員 工博 白石成人
 京都大学工学部 学生員 ○浅沼秀弥

I まえがき

前回の報告⁽¹⁾に引き続き、種々の橋床々版形式に作用する非定常空気力の研究をこなしているが、今回は特に平板及び平板状構造物の二次元模型を使用して、空気力測定における自由振動法によりこれらに作用する非定常空気力を求め、Theodorsen によって示された理論的空気力との比較検討をこなした。

II 振動方程式及び空気力係数

平板状橋床二次元模型の中心軸における鉛直変位を h 、捻れ変位を α と表わし、作用する空気力が $\dot{h}$ 、 $\dot{\alpha}$ 、 α の一次結合で表わされると仮定した場合、二次元空気流中で振動するこの模型に作用する揚力、ピッチングモーメントをそれぞれ L 、 M とすれば次の振動方程式が成立する。

$$\ddot{h} + 2\zeta_{h0}\omega_{h0}\dot{h} + \omega_{h0}^2 h = H_1 \dot{h} + H_2 \dot{\alpha} + H_3 \alpha = L/m$$

$$\ddot{\alpha} + 2\zeta_{\alpha 0}\omega_{\alpha 0}\dot{\alpha} + \omega_{\alpha 0}^2 \alpha = A_1 \dot{h} + A_2 \dot{\alpha} + A_3 \alpha = M/I_p$$

ここに、 ω_{h0} ; 非減衰固有振動数 ζ_{h0} ; 臨界減衰比 ($r = h, \alpha$)

H_i, A_i ; 空気力係数 m, I_p ; 単位長さ当り質量及び質量慣性モーメント

自由振動法により風洞実験をこなす場合、空気力係数は次のようにして求められ、さらにこれを無次元化した無次元空気力係数 H_i^*, A_i^* を次のように定める。

$$H_1 = 2\zeta_{h0}\omega_{h0} - \frac{\delta_L}{\pi} \omega_{h0} \quad ; \quad H_1^* = \frac{m}{\rho b^3 \omega} H_1$$

$$H_2 = \frac{1}{\omega} \left(\frac{\delta_L}{\alpha_0} \right) [(\omega_{h0}^2 - \omega^2) \sin \theta + (2\zeta_{h0}\omega_{h0} - H_1)\omega \cos \theta] \quad ; \quad H_2^* = \frac{m}{\rho b^3 \omega} H_2$$

$$H_3 = \left(\frac{\delta_L}{\alpha_0} \right) [(\omega_{h0}^2 - \omega^2) \cos \theta - (2\zeta_{h0}\omega_{h0} - H_1)\omega \sin \theta] \quad ; \quad H_3^* = \frac{m}{\rho b^3 \omega^2} H_3$$

$$A_1 = \frac{1}{\omega} \left(\frac{\delta_M}{h_0} \right) [(\omega^2 - \omega_{\alpha 0}^2 + A_3) \sin \theta + (2\zeta_{\alpha 0}\omega_{\alpha 0} - A_2)\omega \cos \theta] \quad ; \quad A_1^* = \frac{I_p}{\rho b^3 \omega} A_1$$

$$A_2 = 2\zeta_{\alpha 0}\omega_{\alpha 0} - \frac{\delta_M}{\pi} \omega_{\alpha 0} \quad ; \quad A_2^* = \frac{I_p}{\rho b^3 \omega} A_2$$

$$A_3 = \omega_{\alpha 0}^2 - \left[1 + 4 \left(\frac{\delta_M}{\pi} \right)^2 \right] \omega_{\alpha 0}^2 \quad ; \quad A_3^* = \frac{I_p}{\rho b^3 \omega^2} A_3$$

ここに ω_r, δ_r ; r -自由度の場合の円振動数及び対数減衰率 ($r = h, \alpha$)

ω ; 二自由度フラッター時のフラッター円振動数

h_0, α_0 ; 二自由度フラッター時の鉛直及び捻れの定常振幅

θ ; 二自由度フラッター時の鉛直、捻れ両振動の位相差 $\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\omega^2 - \omega_{\alpha 0}^2 + A_3}{[2\zeta_{\alpha 0}\omega_{\alpha 0} - A_2]\omega} \right)$

ρ ; 空気密度

b ; 半弦長

III 実験結果とその検討

実験結果と Theodorsen の理論値とは、換算風速 $U/b\omega$ に対する無次元空気力係数 H_i^*, A_i^* のグラフとして図(2)~図(7)に示している。グラフから明かなように H_1^*, H_3^*, A_3^* に関しては平板の実験値と Theodorsen

の理論値とは極めて良く一致している。又 A_1^* に関してもバラツキが多少あるがかなり良く一致するものと解される。しかしながら A_2^* の係数 H_2^* , A_3^* は いずれも実験値と理論値が大きく違っている。強制振動法による非定常空気の計測は、1952年 *Haltman* が翼についての結果を報告⁽²⁾してあり、それによると係数全般に亘り理論値にかなり良く一致している。 H_2^* , A_3^* を強制振動法における空気係数と対応させると 板の強制振動を手えた時の揚力、モーメントの絶対値 $|L_a|$, $|M_a|$ は

$$|M_a| = \frac{\rho b^4 \omega^2}{I_p} \sqrt{A_2^{*2} + A_3^{*2}} \cdot |a_0|, \quad |L_a| = \frac{\rho b^3 \omega^2}{m} \sqrt{H_2^{*2} + H_3^{*2}} \cdot |a_0|$$

となり H_2^* , A_2^* はそれぞれ H_3^* , A_3^* に比してかなり小さいので $|M_a|$, $|L_a|$ には A_3^* , H_3^* が卓越的に影響し、 A_2^* , H_2^* の理論値と実験値のずれは $|M_a|$, $|L_a|$ で示した場合ほとんど現れないことが確かめられた。

平板の H_2^* , A_2^* の実験値と理論値が大きく異なることの原因は 今の所明確ではないが あそらく *Theodorsen* の理論式を導く場合の非圧縮性完全流体及び微小振幅振動の2つの仮定が実験において満されていないことに起因するのではないだろうか。この点に関しては現在研究と続行中である。

平板状構造物の典型としてトラス補剛平板に対しても実験をおこなったが その結果をみると A_2^* を除いた係数全般に亘って平板の空気係数にほぼ等しいことがわかる。それゆえ従来から言われているように このような形式の床版も平板とみなして考察することに大きな不都合は生じないであろう。

IV 参考文献

(1) 昭和44年度「関西支部年次学術講演会 講演概要」I-42

(2) R.L. *Haltman* "Experimental Aerodynamic Derivatives of a Sinusoidally Oscillating Airfoil in Two-Dimensional Flow" NACA TR 1108 1952

