

I-109 複翼床断面に作用する空気力

東京大学 正 ○ 田中 宏
三井建設 〃 尾形 宏文

1. まえがき

本報告は、長大橋梁において用いられる二階床版構造を二重平板の形に理想化し、その耐風安定性を検討するために作用空気力の測定を行ったものである。二重平板に作用する空気力は、上下両板相互の空気力学干渉によって単独板の場合とはその様相を異にする。複葉翼の定常揚力特性は既に航空工学者によって理論的に検討されているが、非定常解析の例は殆んど見当たらないのである。

2. 複翼の定常揚力理論

複葉翼の定常揚力計算は守屋¹⁾、Lagally²⁾、谷³⁾、友近⁴⁾ら多くの研究者によってなされて居り、図-1のような二重平板断面に作用する揚力は次式で与えられる。

$$L = \frac{1}{2} \rho V^2 (2b) \cdot 2\pi \delta (1+\alpha^2) \sin \alpha \left[\sqrt{(1-t^2)(t^2-k^2)} + \sqrt{(1-t^2)(t^2-k^2)} \right] / (ta+tc) \quad (1)$$

ただし定数 $\delta, \alpha, k, ta, tc$ は以下の諸式より決定する。

$$t^2 = \{ 2\lambda^2 + a^2(1+k^2) \pm a\sqrt{a^2(1-k^2)^2 + 4(1-\lambda^2)(\lambda^2-k^2)} \} / 2(1+a^2)$$

$$h/b\delta = \pi/2K', \quad E' = \pi K'$$

$$Z(u_c, k') + Z(u_a, k') + a(tc - ta) = 2/\delta$$

$$Z(u_c, k') - Z(u_a, k') + a(tc + ta) = 0$$

ここに K', E' は第1種及び第2種完全楕円積分(補母数 $k' = \sqrt{1-k^2}$)

$Z(u, k')$ は Jacobi の Zeta 関数, u は Jacobi の sn 関数における $\arg. z$ $\text{sn}(u, k') = \sqrt{1-t^2}/k'$ である。単独平板に対する揚力は $L = \frac{1}{2} \rho V^2 (2b) \cdot 2\pi \sin \alpha$ であるから空気力学干渉の程度を示す係数は次式で定義される。

$$f_L = \frac{\text{複葉翼の揚力}}{\text{2枚の単葉翼の揚力}} = \frac{\delta(1+\alpha^2) \{ \sqrt{(1-t^2)(t^2-k^2)} + \sqrt{(1-t^2)(t^2-k^2)} \}}{2(tc+ta)} \quad (2)$$

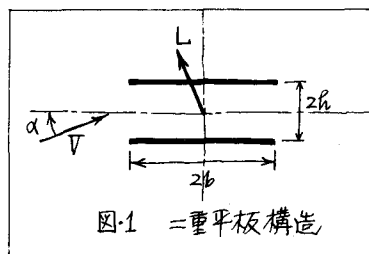


図-1 二重平板構造

3. 定常空気力測定

二重平板模型による定常空気力測定実験を以下のとおり行った。風洞内実験風速は約20m/s、測定には三分力天秤を用いている。模型は弦長 $2b = 14\text{cm}$ 、幅 $l = 66\text{cm}$ の平板を間隔 h で二枚重ねたもので板厚 $t = 1.0\text{mm}$ 、前後縁は角を落して鋭く仕上げてある。平板間隔比は $h/b = 0.4 \sim 1.2$ で数種類に変えた。

揚力測定値を図-2に示す。抗力の変化は殆んど見られなかった。この結果を省略する。揚力の測定値より空力干渉係数 f_L を算出し、式(2)の理論値と比較したものが図-3である。間隔比 h/b の増大に伴って空力干渉は小さくなり揚力は単独翼の2倍に近づくが、失速角は一旦増大して後 $h/b = 0.6 \sim 0.7$ 附近で極大となるように見える。

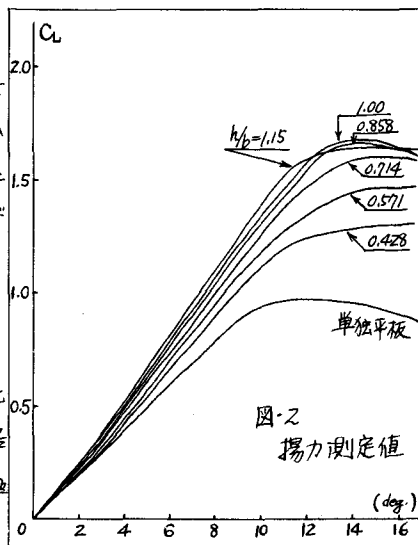


図-2 揚力測定値

1) 守屋富次郎, 東大工学部紀要, 17, 1928.

2) v. Lagally, M., ZAMM. (9)4, 1929.

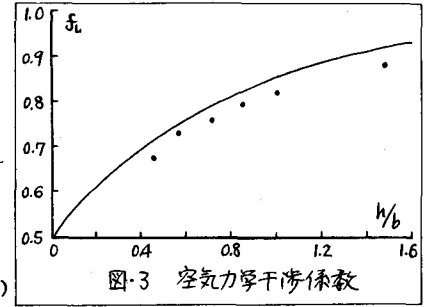
3) 谷一郎, 機械学会誌, 35, 1932.

4) 友近 晋, 航空研究所彙報, 95, 1932.

4. 非定常空気力

振動複翼における非定常空気力の干渉問題も扱った例は極めて少ない。最近白石⁵⁾は準定常(quasi-steady)理論によって、模型の変位速度を考慮した相対迎角の概念に複翼における変位特性をあらわす非線型項を導入した次式を与える。

$$\left. \begin{aligned} L &= -\frac{1}{2}\rho V^2(2b) \cdot \frac{\partial C_L}{\partial \alpha} \left(\varphi + \frac{\dot{\varphi}}{b} + \frac{1-2K}{2} \frac{\varphi \cdot b \dot{\varphi}}{V} \right) \\ M &= \frac{1}{2}\rho V^2(2b) \cdot \left[\frac{\partial C_M}{\partial \alpha} \left(\varphi + \frac{\dot{\varphi}}{b} + \frac{1-2K}{2} \frac{\varphi \cdot b \dot{\varphi}}{V} \right) - \frac{\pi b^2}{V} \right] \end{aligned} \right\} \quad (3)$$



ここに $K = h/b$ である。(3)式によれば、複翼の非線型特性は角速度に伴う揚力および空力モーメント項に影響を与えていることがわかるが、その効果は板間隔が増大する($K \rightarrow \infty$)につれて大きくなるという点でその適用に限界があるように思われる。この他に複翼の非定常空気力理論と実験は見当たらないが、無限翼列に属しては、強制振動法を用いて上下振動時の非定常流体力を求めた谷田⁶⁾の実験と振ふ振動の場合の非定常力を求めた花村⁷⁾の理論と実験が知られている。

ここでは前述と同様の二重平板模型を用いて $h/b = 0.50, 0.75, 1.00$ の3 case について強制振動法により非定常空気力を測定した。空気力は

$$\left. \begin{aligned} L &= \pi \rho b^3 \omega^2 [(L_{\eta R} + iL_{\eta I})\eta/b + (L_{\varphi R} + iL_{\varphi I})\varphi] \\ M &= \pi \rho b^3 \omega^2 [(M_{\eta R} + iM_{\eta I})\eta/b + (M_{\varphi R} + iM_{\varphi I})\varphi] \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

と表示し、無次元空気力係数を換算振動数 $k = \omega b/V$ の関数とあらわす。

図-4に各断面に対する実験値を示す。理論値は単独平板に対するTheodorsenの理論値⁸⁾である。 $h/b = 1.00, 0.75$ に対する値が単独平板の場合と近いのに対して $h/b = 0.50$ では空力干渉の影響が見られる。

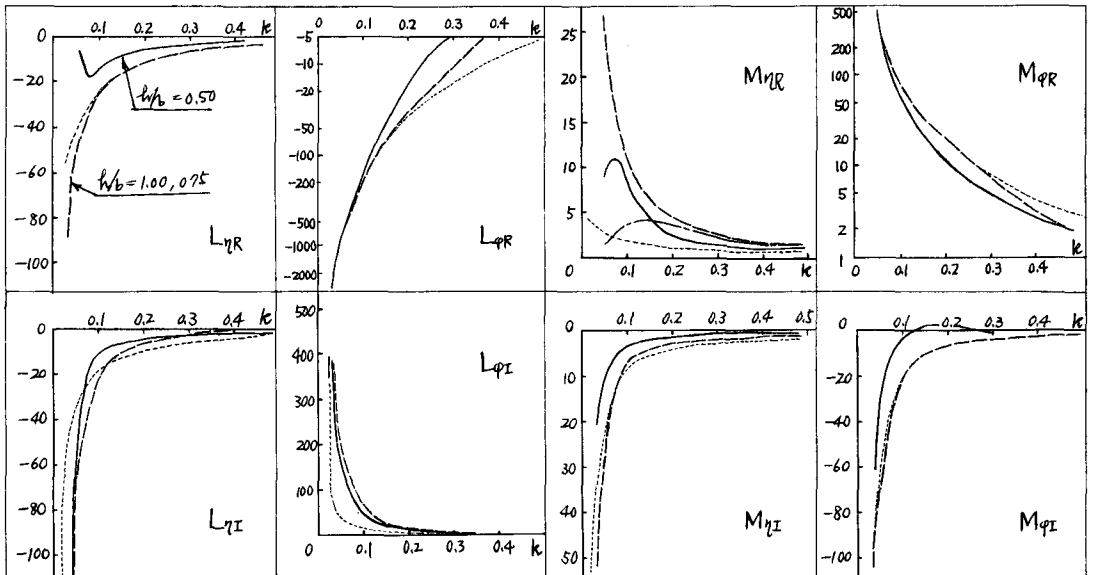


図-4 非定常空気力測定値

5) 白石茂人, 土木学会論文報告集, 186, 1971.

6) 谷田昌通他, 機械学会論文集 (29) 198, 1963.

7) 花村庸治・田中英穂, 機械学会論文集 (32) 244, 1966.

8) Theodorsen, T., NACA. TR. 496, 1935.