

構造基本断面に作用する 非定常空気力に関する研究

京都大学工学部 正員 松本 勝
正員 白石成人
正員 白土博通
J R東海 正員 伊藤裕一
京都大学大学院 学生員 重高浩一
学生員 ○新原雄二

1. まえがき

本研究では各種のフラッターのうち、特に連成フラッターを取り上げる。連成フラッターの研究については、Theodorsen¹⁾が流れの剥離がみられない平板翼にポテンシャル理論を適用することにより、振動平板に作用する非定常空気力を解析的に求めている。しかし、一般の構造物では流れの剥離が生じているため、ポテンシャル理論を適用することは困難であると思われ、構造断面に作用する非定常空気力特性を知ることが重要な課題であると考えられる。そこで本研究では2-D矩形断面模型を用いて、たわみ-振れ二自由度、たわみ一自由度及び振れ一自由度の強制加振実験を行い、模型表面の圧力分布から構造断面に作用する非定常空気力を求めた。さらにこの非定常空気力から、カルマンフィルターによるシステム同定の手法を用いて非定常空気力係数の推定を行った。

2. 実験概要

実験に用いた2-D矩形断面模型は断面辺長比 $B/D=20$ (B :幅員, D :桁高)であり、表面には圧力測定用の圧力孔が38個設けてある。模型は支持アームを介して、風洞に独立して設置した二自由度加振機に固定した。この加振機により、たわみと振れの位相差と振幅比を固定して、さまざまな連成振動状態を再現することが可能である。今回の実験では、自由振動実験で連成振動が発生した際のたわみと振れの位相差と振幅比を用いてたわみ-振れ二自由度加振を行い、表面圧力の測定を行った。また、たわみ一自由度と振れ一自由度の場合についてもこの加振機で加振し圧力測定を行った。さらに、この圧力分布を積分することにより、構造断面に作用する揚力 L (下向き正)と断面中心に関するピッチングモーメント M (気流に対して頭上げ正)を計算した。

3. 非定常空気力係数の推定結果

各瞬間の圧力分布を積分することにより非定常空気力 (揚力 L とピッチングモーメント M) を求めた後、次式を満たす非定常空気力係数 H_i^* , A_i^* ($i=1, 2, 3, 4$) を推定した。

$$L=1/2 \cdot \rho U^2 (2b) \{k H_1^* \eta / U + k H_2^* b \phi / U + k^2 H_3^* \phi + k^2 H_4^* \eta / b\}$$

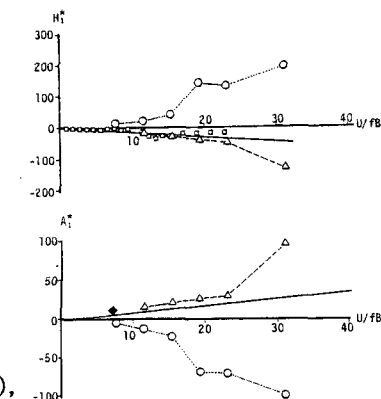
$$M=1/2 \cdot \rho U^2 (2b^2) \{k A_1^* \eta / U + k A_2^* b \phi / U + k^2 A_3^* \phi + k^2 A_4^* \eta / b\}$$

ただし、 ρ :空気密度, U :風速, b :半弦長, k :換算振動数($=b\omega/U$),

η :たわみ変位, ϕ :振れ変位

非定常空気力係数の推定は次の3通りの方法を用いて行った。

方法①: たわみ-振れ二自由度強制加振実験の結果よりカルマンフィルターによるシステム同定の手法を用いて8個の非定常空気力係数を同時に求める (図中の○)。



○: 方法①による非定常空気力係数
△: 方法②による非定常空気力係数
◇: 方法③による非定常空気力係数
—: Theodorsen関数より求める非定常空気力係数

図-1 非定常空気力係数 H_1^* , A_1^*

Masaru MATSUMOTO, Naruhito SHIRAISHI, Hiromichi SHIRATO,
Yuichi ITO, Kouichi SHIGETAKA, Yuji NIIHARA

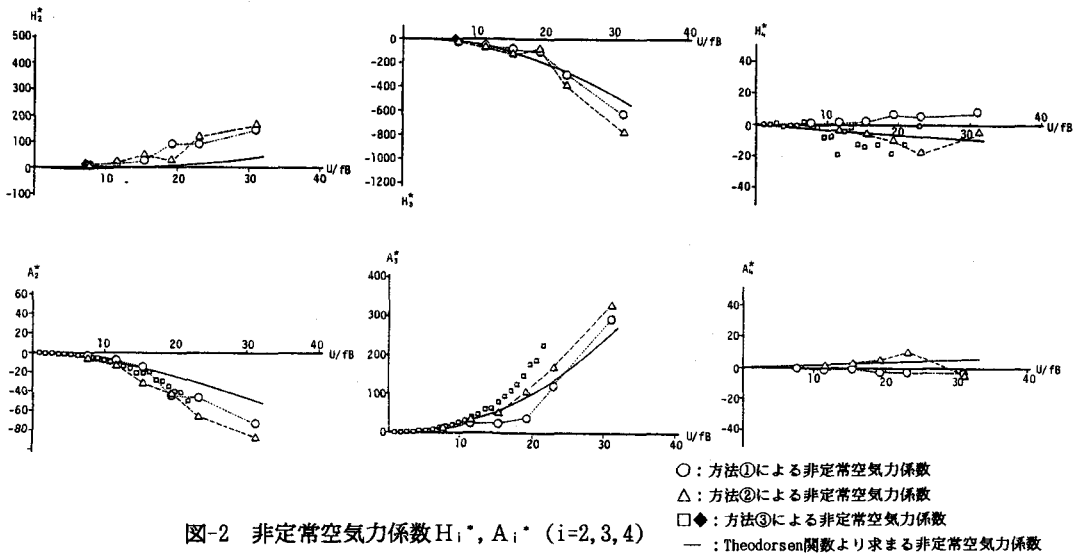


図-2 非定常空気力係数 H_i^* , A_i^* ($i=2, 3, 4$)

方法②：たわみ一自由度強制加振より H_1^* , H_4^* , A_1^* , A_4^* を、振れ一自由度強制加振より H_2^* , H_3^* , A_2^* , A_3^* をそれぞれ求める（図中の△）。

方法③：Scanlan²⁾の自由振動法より求める（図中の□と◆）。

各係数の同定結果を図-1, 2に示す。また図には、Theodorsen関数から求めた平板翼の非定常空気力係数の理論値もあわせて示す（図中の実線）。これより、方法②の一自由度強制加振より求めた非定常空気力係数は、自由振動法（方法③）やTheodorsen関数から求めた値によく一致していることがわかる。しかし、方法①の二自由度強制加振より求めた非定常空気力係数は、振れ振動に依存する H_2^* , H_3^* , A_2^* , A_3^* では他の方法で求めた値によく一致しているのに対して、たわみ振動に依存する H_1^* , H_4^* , A_1^* , A_4^* では自由振動法やTheodorsen関数から求めた値と大きく異なるものとなった。また、たわみと振れの位相差を変化させることにより、 H_1^* , A_1^* , H_2^* , A_2^* の同定結果が異なることもわかった。この原因については、今後さらにデータの集積などにより検討が必要であるが、たわみ-振れ二自由度系に働く非定常空気力は、たわみ一自由度振動より振れ一自由度振動に大きく影響されているものと思われる。

4. まとめ

本研究では強制加振実験より非定常空気力を求めて、非定常空気力係数を推定することを試みた。その結果、一自由度強制加振から求めた非定常空気力係数は自由振動法やTheodorsen関数による値に近い結果が得られたのに対して、たわみ-振れ二自由度強制加振から求めた非定常空気力係数はたわみに依存する項において大きく異なるものとなった。また、たわみと振れの位相差によって H_1^* , A_1^* , H_2^* , A_2^* の同定結果が異なることもわかった。これはたわみ-振れ二自由度系での非定常空気力が振れ一自由度振動の影響を大きく受けていることを示唆しているものと考えられる。また、一自由度系と二自由度系で非定常空気力係数が異なっていることから、空気力の単純な重ね合わせは難しいものと考えられる。

参考文献

- 1) T. Theodorsen : General Theory of Aerodynamic Instability and the Mechanism of Flutter , N. A. C. A Tech. Report No. 496, Washington D. C. , 1935
- 2) R. H. Scanlan, A. Sabzevari : Suspension Bridge Flutter Revisited , A. S. C. E. Struc. Eng. Conf. Washington D. C. , 1967