

連成・非連成振動時の構造基本断面に作用する非定常空気力に関する研究

京都大学大学院 学生員 ○新原雄二
 京都大学工学部 正 員 松本 勝
 京都大学工学部 正 員 白石成人
 京都大学工学部 正 員 白土博通
 建設省 正 員 重高浩一
 ㈱前田建設工業 正 員 山口滋弘

1. まえがき

本研究では、長大橋梁の自励振動、特に連成フラッターとねじれフラッターとの関連性について考究するために、断面辺長比 $B/D=20, 10$ の矩形断面に作用する非定常空気力を調べ、システム同定手法を用いて非定常空気力係数の同定を行った。その際、新たに等価Theodorsen関数という物理量を提案し、8個の非定常空気力係数 H_1^*, A_1^* ($i=1\sim 4$)を同定した。その結果より振動モードに応じた空気力の重ね合わせについて検討する。

2. 実験の概要および解析方法

断面辺長比 $B/D=20, 10$ (B :断面幅員, D :断面高さ)の矩形断面を用いて、1自由度および2自由度の強制振動実験を行い、模型表面の圧力を測定した。その圧力を模型表面にわたって積分することにより、各矩形断面に作用する非定常空気力(揚力 L , ピッチングモーメント M)を求めた。この非定常空気力と振動変位、速度から、非定常空気力係数 H_1^*, A_1^* ($i=1\sim 4$)をカルマンフィルターによるシステム同定手法を用いて同定を行った。しかし、たわみ振動とねじれ振動が同一の振動数で振動する場合(すなわち連成振動の場合)には、8個の未知量に対して条件式が不足することから、何らかの仮定を設けて未知量の数と条件式の数とを一致させる必要がある¹⁾。そこで、Theodorsenの翼理論²⁾にならい、新たに等価Theodorsen関数 F_L, G_L, F_M, G_M という物理量を次式で定義し、これらをカルマンフィルターを用いて同定した後、非定常空気力係数を求めた。

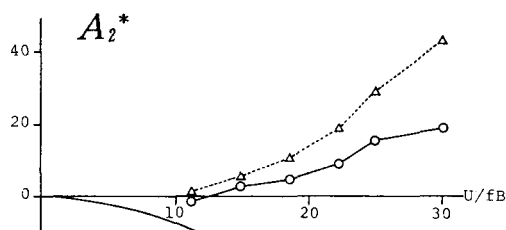
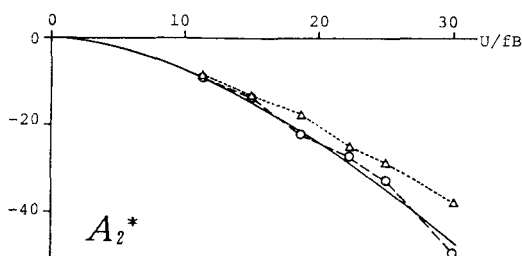
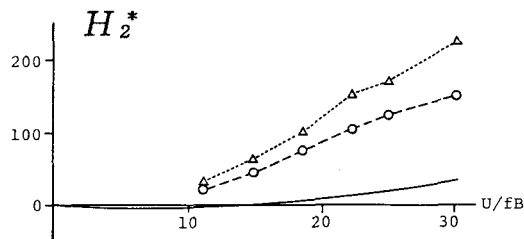
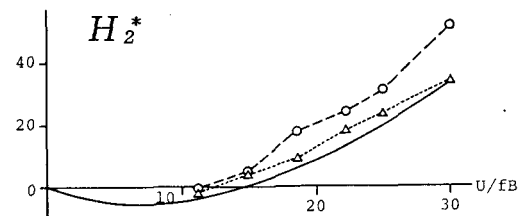
$$L = -\pi \rho b^2 U \dot{\phi} - 2\pi \rho b U \left\{ F_L \left(U\phi + \dot{\eta} + \frac{b}{2} \dot{\phi} \right) - G_L \left(\frac{U}{\omega} \dot{\phi} - \omega\eta - \frac{b\omega}{2} \phi \right) \right\}$$

$$M = -\frac{\pi}{2} \rho b^3 U \dot{\phi} + \pi \rho b^2 U \left\{ F_M \left(U\phi + \dot{\eta} + \frac{b}{2} \dot{\phi} \right) - G_M \left(\frac{U}{\omega} \dot{\phi} - \omega\eta - \frac{b\omega}{2} \phi \right) \right\}$$

3. 解析結果

8個の非定常空気力係数のうち、一例として $B/D=20$ の矩形断面におけるねじれ速度に比例する項 A_2^*, H_2^* を図1に、 $B/D=10$ の矩形断面におけるねじれ速度に比例する項 A_2^*, H_2^* を図2に示す。なお、図中にTheodorsen関数から求まる平板の理論値も実線で合わせて示す。 $B/D=20$ の矩形断面ではたわみ1自由度振動およびねじれ1自由度振動から得られた非定常空気力係数と、2自由度振動から得られた非定常空気力係数が非常によく一致していることから、たわみ及びねじれ1自由度の空気力とたわみとねじれが連成する2自由度の空気力の重ね合わせができるといえる。また、これらの非定常空気力係数がTheodorsenの翼理論における値とも非常によく一致していることから、 $B/D=20$ の矩形断面の空力特性は平板翼に近いものであり、この矩形断面では連成フラッターが発生することを示している。これに対して $B/D=10$ の矩形断面では、1自由度と2自由度の非定常空気力係数の値が、 H_2^*, H_4^*, A_2^* 等ではかなり異なっていることから、

Masaru MATSUMOTO, Naruhito SHIRAISHI, Hiromichi SHIRATO
 Kouichi SHIGETAKA, Yuji NIIHARA, Shigehiro YAMAGUCHI



○: 1自由度振動による非定常空気力係数
△: 2自由度振動による非定常空気力係数
—: Theodorsenの理論値

図1 B/D=20の非定常空気力係数 H_2^* , A_2^*

○: 1自由度振動による非定常空気力係数
△: 2自由度振動による非定常空気力係数
—: Theodorsenの理論値

図2 B/D=10の非定常空気力係数 H_2^* , A_2^*

振動モードに応じた空気力の重ね合わせは、非定常空気力係数の種類によってはできないものと考えられる。また、特に A_2^* 等では、Theodorsen関数による値が負であるのに対して、同定された結果は正の値になっており、ねじれ1自由度でねじれフラッターが発生する可能性があることを示しているものと考えられる。したがって、B/D=10の矩形断面に対して、平板翼理論を単純に適用することについては難しいといえる。

4. 結論

今回新たに定義した等価Theodorsen関数を用いて求めた非定常空気力係数から、以下のような結論を得た。

- ・B/D=20の矩形断面では、振動モードに対応した空気力の重ね合わせができると考えられる。さらに、翼理論ともよく一致していることから、この断面の空力特性は平板のものに近いといえる。
- ・B/D=10の矩形断面では、 H_2^* , H_4^* , A_2^* では空気力の重ね合わせができないといえる。また、この断面に対して、翼理論を単純に適用することについても困難であるといえる。

参考文献

- 1) 重高浩一, 松本 勝, 白石成人, 白土博通, " 曲げ振れ連成振動状態における構造基本断面の非定常空気力に関する研究", 土木学会第46回年次学術講演会講演概要集, 第1部, pp. 448~449
- 2) T. Theodorsen, "General Theory of Aerodynamic Instability and the Mechanism of Flutter", NACA TR No. 496, 1935