

空力自励振動特性に及ぼす構造断面形状の影響について

京都大学工学部 正 員 白石 成人 京都大学工学部 正 員 松本 勝
 京都大学工学部 正 員 白土 博通 京都大学大学院 学生員 〇 平出 純一

1. まえがき

構造物の自励振動は、断面形状に応じ異なった振動特性を示す。これらの自励振動のうち、ギャロッピングに関しては準定常理論で説明され、ねじれフラッタに関しては流れの遅れが発生要因であるとされている。本研究は矩型断面を対象に、断面比をパラメータとして断面形状が自励振動現象に及ぼす影響を調べるため、これらの各々の断面について自由振動法により非定常空気力係数を求め、それぞれ断面個有の非定常特性に検討を加えると共にたわみねじれの2自由度振動系における自励振動特性をも併せて調べたものである。

2. 実験ならびに結果に対する考察

図に示す矩型//断面を対象としてたわみねじれそれぞれ1自由度拘束を行ない、自由振動法により次式で定義される非定常空気力係数 H_1^* , A_2^* を求めた⁽¹⁾。

$$\left. \begin{aligned} \ddot{\eta} + 2\zeta_{\eta_0}\omega_{\eta_0}\dot{\eta} + \omega_{\eta_0}^2\eta &= H_1\dot{\eta} \\ \ddot{\phi} + 2\zeta_{\phi_0}\omega_{\phi_0}\dot{\phi} + \omega_{\phi_0}^2\phi &= A_2\dot{\phi} \end{aligned} \right\} \text{----- (1)}$$

ここで $\zeta_{\eta_0}, \omega_{\eta_0}$: 無風時におけるたわみの減衰率と円振動数

$\zeta_{\phi_0}, \omega_{\phi_0}$: 無風時におけるねじれの減衰率と円振動数

このとき無次元非定常空気力係数 H_1^* , A_2^* は、

$$\left. \begin{aligned} H_1^* &= \frac{m}{\rho b^2 \omega_{\eta_0}} H_1 = \frac{m}{\pi \rho b^2} (\delta_{\eta_0} - \delta_{\eta_0}) \\ A_2^* &= \frac{I}{\rho b^4 \omega_{\phi_0}} A_2 = \frac{I}{\pi \rho b^4} (\delta_{\phi_0} - \delta_{\phi_0}) \end{aligned} \right\} \text{---- (2)}$$

ここで $\delta_{\eta_0}, \delta_{\phi_0}$: それぞれある風速 U におけるたわみ、ねじれの対数減衰率として求められる。 H_1^* , A_2^* と無次元風速 ($K = \frac{U}{b\omega}$) の関係を図に示す。一オ、たわみねじれの2自由度支持における応答振幅結果を併せて同図に示す。

1:20, 1:10 の偏平な断面では H_1^* , A_2^* とともに単調に負値をとり、翼に似た特性を示している。すなわち、たわみまたはねじれの1自由度では自励振動が発生しない。ところが、たわみねじれの2自由度における応答振幅測定実験では2自由度連成フラッタが発生する。1:5, 1:3 矩型断面では H_1^* は単調に負、 A_2^* はある K 以上の値では正となり、ねじれフラッタの発生が予測され、たわみねじれの2自由度での自励振動現象は、本質的にはねじれ1自由度フラッタとなっている。1:2 矩型断面では H_1^* , A_2^* とともにある K 以上では正值となりギャロッピング、ねじれフラッタの両者の発生が予測される。2自由度実験ではギャロッピングが発生したが、たわみあるいはねじれのいずれかのフラッタが発生するかは、たわみねじれの振動数比に依存するものである⁽²⁾。1:1 矩型では H_1^* はある K 以上では正、 A_2^* は単調に負となりギャロッピングが発生するものと考えられ、たわみねじれ2自由度での応答もギャロッピングが発生した。以下 2:1 から 20:1 矩型断面の中で自励振動が発生する可能性のあるものは、非定常空気力係数の形状からは 3:1 のねじれ、5:1 のたわみに関して

であり、ギャロッピングに対する準定常理論の面から考えると、原点付近での静的空気力係数の勾配が負となっている10:1も自励振動が発生する可能性が残されている。本実験ではこれらの断面では自励振動の発現は認められなかったものの、実験条件(例えば質量減衰パラメータを十分小さくする。)によっては発生し得るものと考えられる。

この実験に用いた断面のうち、偏平なものは全て何らかの自励振動が発生したが、偏平な矩形断面では全ての断面比において自励振動が発生するか否かはこの実験からでは不明であり、さらに細かく断面比を変化させることにより、フラッタ現象がどのように変化していくかを調べる必要であると思われる。

3. 結論

断面比の変化に対応した非定常空気力係数 H_1^* , A_2^* の形状の変化が調べられ、この H_1^* , A_2^* の形状とたわみねじれの2自由度における自励振動現象との対応が調べられた。

<参考文献>

- (1) Scanlan R.H., Ali Sabzevari, "Suspension Bridge Flutter Revisited," ASCE Struct. Eng. Conf.
- (2) 斎藤恒範, "箱型構造断面の空気力学的特性に関する基礎的研究," 京都大学工学部土木工学科修士論文

