

補助翼を利用した吊橋補剛桁のアクティブフラッタコントロール

立命館大学理工学部 正 員 小林紘士

駒井鉄工 正 員 新田吉伸

立命館大学大学院 学生員 小川路加

1. まえがき 吊橋補剛桁のフラッタを制御するために、補助翼をアクティブにコントロールする方法についてその有効性を確かめて来たが¹⁾、ここでは、飛行機の翼に利用されている補助翼と同様の補助翼を桁の両端に設置し、それをアクティブにコントロールすることでフラッタを制御する方法について実験的に調査してみる。

2. 制御方法 模型の断面形状は図-1に示す通りである。なお、模型の質量は $m=0.222\text{kg}\cdot\text{s}^2/\text{mm}^2$ 、慣性モーメントは $I_x=1.31\text{E-}4\text{kg}\cdot\text{s}^2$ 、曲げの固有振動数は $f_h=2.10\text{Hz}$ 、ねじれの固有振動数は $f_s=2.70\text{Hz}$ である。この模型を並進 h および回転 α の2自由ばね支持する。模型の h 、 α 運動に対応して上、下流側の補助翼に相対回転角 α_1 、 α_2 を与えることにより、付加空気が生じる。 α_1 、 α_2 に適当な動きを与えることにより、この付加空気の働きによって模型の運動を制御できる。フラッタは調和的な振動現象であるので、制御のために必要とされるパラメータは、 α_1 、 α_2 の位相と振幅のみである。特別な制御理論は要求されない。

3. フラッタ実験結果 この実験では簡単のため補助翼の上下流側のヒンジ点の変位 h_1 、 h_2 を検出して、それぞれの変位を用いて上下流の補助翼を動かしてフラッタコントロールする方法を採用した。この報告では、上流側または下流側の補助翼のみを動かしたときの結果について報告する。

補助翼の運動は次のようになる。 h_1/b の K 倍の振幅および h_1 に対し θ_1 の位相進み角を持つ運動

$$\alpha_1 = K e^{i\theta_1} (h_1/b) \quad (1)$$

により上流側の補助翼を動かす。下流側の補助翼の運動も同様である（図-2）。

上流側の補助翼のみを位相角 $\theta_1 = \pi/2$ として動かしたときのフラッタ実験結果の一例を図-3.Aに示す。ここに、横軸は無次元風速 $U_r = U/\omega b$ である。 ω はコントロールしないときの模型がフラッタを発生したときの振動数である。振幅パラメータ K が0.5のときはコントロールの無いときの

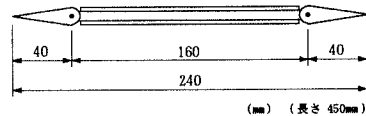


図-1 桁断面図

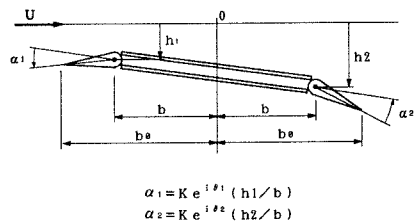
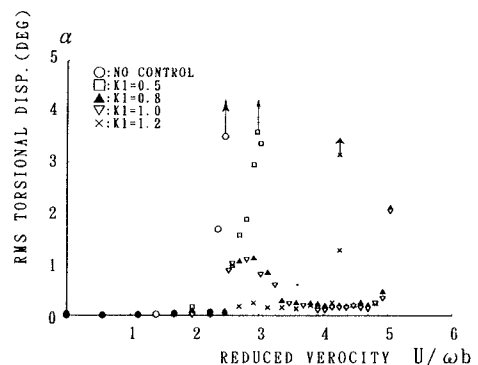


図-2 フラッタコントロールの方法

図-3.A フラッタ特性
（上流側の補助翼のみコントロール）

フラッタ風速よりやや高い風速まで安定化される。 $K=0.8$, 1.0 では, $U_r=2.5\sim 3.2$ で限定的な振動が生じるが, それより高風速域で再び安定化し, $U_r=5$ 付近で発散振動を発生している。 $U_r=5$ はこの模型のダイバージェンス風速の計算値である。 $K=1.2$ では, 発散風速が $U_r=4.2$ に低下している。

次に下流側の補助翼のみを位相差 $\theta_2=\pi/2$ として動かしたときのフラッタ実験結果を図-3.Bに示す。振幅パラメータ K の値を 0.5 以上とすれば, コントロールの無いときに無次元風速 $U_r=2.3$ で生じたフラッタは $U_r=5$ 付近まで生じない。

振幅パラメータ $K=1$ として, 位相角 θ_2 のみを変えたときの発生振動の出現する風速 $U_{r,cr}$ を調べた。その結果を図-4.Aおよび図-4.Bに示す。なお, 図中の(○)は空気力のため上流補助翼が発散したものである。風速約 9m/s は上述のダイバージェンス風速である。上流側の補助翼のみをコントロールした場合, θ_1 が -45° から 45° の範囲で効果があった。下流側の補助翼のみをコントロールした場合は, θ_2 が 15° から 135° のとき, 模型はダイバージェンス風速まで安定化されている。他の位相角を与えたときフラッタ風速は, コントロールしないときの限界風速とほとんど変わらない。コントロール翼による制御¹⁾に比べ, よりロバストな制御方法であるといえる。

補助翼を運動させたときの付加空気力を測定して, その空気力をTheodorsen空気力に重ね合わせて模型のフラッタ解析を行った。 $\theta_2=\pi/2$ としたときの結果を図5の実線で示す。同図には, 図3で示したフラッタ風速を読みとって●で示してある。フラッタ風速の解析値は, フラッタ実験結果とほぼ同じ傾向を示している。

4. 結論 補助翼によるフラッタコントロールが有効であることがわかった。

参考文献 1) H. Kobayasi and H. Nagaoka, "Active Control of Flutter of a Suspension Bridge", Jour. of Wind Eng. and Ind Aerodyn., 41-44(1992), pp. 959-970

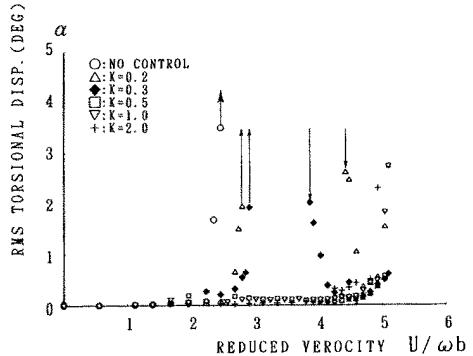


図-3.B フラッタ特性
(下流側の補助翼のみコントロール)

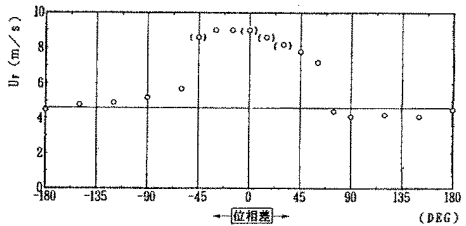


図-4.A 位相差 θ_1 に対する限界風速
(上流側の補助翼のみコントロール)

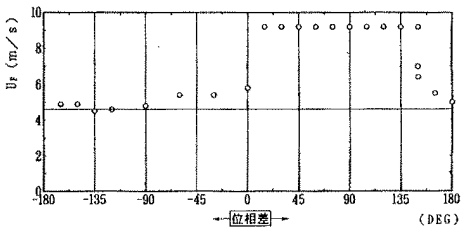


図-4.B 位相差 θ_2 に対する限界風速
(下流側の補助翼のみコントロール)

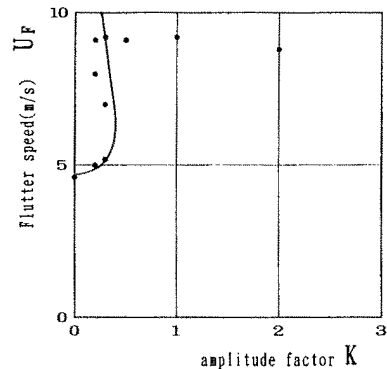


図-5 フラッタ解析