

I - B74

補助翼によるフラッターのアクティブコントロール

立命館大学大学院 ○学生員 谷口 悟
 駒井鉄工（株） 正会員 小川路加
 立命館大学理工学部 正会員 小林敏士

1. まえがき 近年、長大橋梁に対するアクティブコントロールの研究が盛んに行われている。筆者らは、これまでに補助翼によるアクティブフラッターコントロールの有効性を実験的に確かめてきている²⁾。本論文では、薄翼理論および実測空気力についてフラッター解析をおこない、補助翼による偏平箱桁のアクティブフラッターコントロールの有効性について調査した。

2. 制御方法 図1に示す補助翼付き偏平箱桁を考える。偏平箱桁にフラッターが発生するとき、その振動を検出して変位などの信号をもとに補助翼を動かして、それによって発生する付加空気力によりフラッターを制御する。偏平箱桁に作用する揚力およびモーメントは、 h 、 α 、 β 、 γ が振動数 ω で調和振動するとき Theodorsen 空気力により、

$$L = -\pi\rho b^3\omega^2(A_{hh}\frac{h}{b} + A_{h\alpha}\alpha + A_{h\beta}\beta + A_{h\gamma}\gamma) \quad (1)$$

$$M = \pi\rho b^4\omega^2(A_{\alpha h}\frac{h}{b} + A_{\alpha\alpha}\alpha + A_{\alpha\beta}\beta + A_{\alpha\gamma}\gamma) \quad (2)$$

と表される³⁾。ここで、 ρ は空気密度、 b は半弦長。 A_{hh} などは薄翼理論を用いて計算される換算振動数 $b\omega/U$ の関数である空気力係数である。この空気力を用いて複素固有値解析をすることにより、フラッター限界風速が計算できる。この報告では、次の2つの制御方法を試みた。

(1) α -control 下流側補助翼をねじれ変位に比例し、それに対して θ の位相差を持つ運動

$$\beta = K\alpha e^{i\theta} \quad (3)$$

(2) H-control 下流側補助翼を下流側桁端部の変位 h_2 に比例し θ の位相差を持つ運動

$$\beta = K\frac{h_2}{b}e^{i\theta} \quad (4)$$

をさせたときの制御効果を調べる。 K は制御の倍率を表す定数である。

3. 薄翼理論によるフラッター解析 図2、図3に解析結果を示す。これは下流翼のみを制御倍率 $K=1.0$ に固定してコントロールしたときの位相差 θ に対する限界風速を示している。ここで、横軸は位相差、縦軸はフラッター限界風速である。

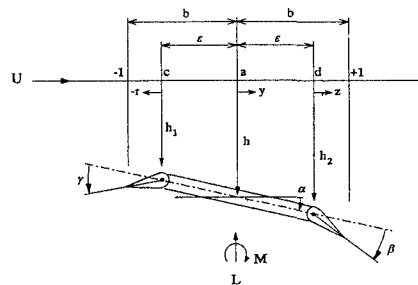


図1 制御方法

表1 補助翼付き偏平箱桁の構造特性

偏平箱桁弦長	0.24m
補助翼弦長	0.04m
質量	0.222kg・s ² /m ²
慣性モーメント	1.31E-4 kg・s ²
曲げの固有振動数	2.1Hz
ねじれの固有振動数	2.7Hz

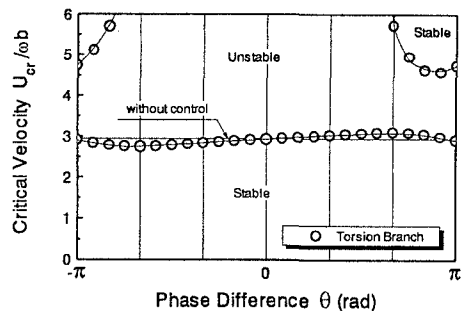


図2 薄翼理論による解析結果

[下流翼のみ α -control, 制御倍率 $K=1.0$]

キーワード：フラッター、アクティブコントロール、補助翼

滋賀県草津市野路町1916 Tel 0775 66-1111 Fax 0775 61-2667

図2は α -control, 図3はH-controlの解析結果の図である。○印はねじれ分岐, △印は曲げ分岐によるフラッター限界風速である。次にそれらの結果について述べる。

3.1 α -control 図2より, α -controlではすべての位相差において限界風速は無制御時の限界風速とほとんど変わらないことがわかる。しかしながら位相差 $\theta=\pi, -\pi$ 付近では高風速において安定領域が存在している。

3.2 H-control 図3よりH-controlについては, 位相差 $\theta=0$ から $2\pi/3$ の範囲でフラッター限界風速が無限大になった。位相差 $\theta=-\pi/2$ 付近に△印で示すようにかなり低風速のフラッター発生領域が存在しているがわかる。

4. 模型による風洞実験

4.1 制御実験 2次元模型による風洞実験を実施した, 模型の構造諸元は表1の通りである。模型を曲げ h およびねじれ α の2自由度でバネ支持し, α -control, H-controlの制御方法で実験を行った。図4に下流翼のみを制御倍率 $K=1.0$ に固定して α -controlしたときの位相差 θ に対する限界風速の実験結果を示す。実験結果は平板理論による解析結果と異なり, 位相差 $\theta=\pi/3$ 付近で若干限界風速が高められている。また位相差 $\theta=\pi, -\pi$ 付近の高風速域での安定領域は現れなかった。図5にH-controlの場合の制御実験で得られた限界風速を●印, ▼印で示す。無次元風速 $U/b\omega=5.1$ の実線はダイバージェンス風速の計算値である。▼印はダイバージェンスにいたり, それ以上の風速域で実験不可能となったものである。 $\theta=\pi/2$ から $3\pi/4$ の範囲で限界風速がダイバージェンス風速を上回る好結果となった。限界風速は位相差 $\theta=0$ から $2\pi/3$ の範囲では無制御時の2倍にまで高められている。解析でみられた低風速域での不安定領域は生じなかった。

4.2 実測空気力の測定 補助翼付き偏平箱桁の2次元模型を剛支持し, 補助翼に適切な調和振動を与え補助翼に関する非定常空気力を測定した。その空気力を用いてフラッター解析を行った。図5の◇印は解析結果であり, H-controlで制御したときの位相差に対する限界風速を示している。実測空気力係数による解析結果は実験値とよく一致している。薄翼理論による解析結果でみられた低風速域での曲げ卓越によるフラッターは発生していない。

5. 結論 補助翼によるアクティブフラッターコントロールについて数値的に検討した。適当な位相差を与えて補助翼を動かすことによりフラッターが制御可能であることがわかった。 α -controlよりH-controlの方が制御効果があることがわかった。また, H-controlについて実測空気力を用いてフラッター解析を行ったが実験結果とよく一致した。

【参考文献】

- 1)例えば, 日下部, 佐藤, 関谷: アクティブコントロールによるフラッター制御に関する実験的研究, 第13回風工学シンポジウム論文集, 1994年, 2)小林, 新田, 小川: 補助翼を利用した吊橋補剛桁のアクティブフラッターコントロール, 土木学会第50回年次学術講演概要集, 1995年, 3)李, 小林: 2次元翼のアクティブ・フラッター・サプレッション(第3報), 日本航空宇宙学会誌第28巻第319号, 1980年

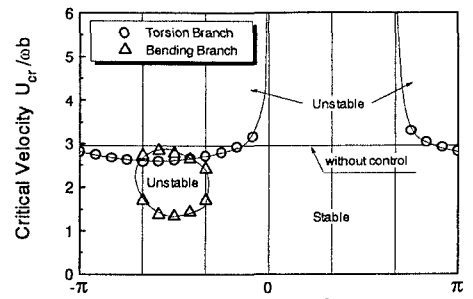


図3 薄翼理論による解析結果

[下流翼のみ H-control, 制御倍率 $K=1.0$]

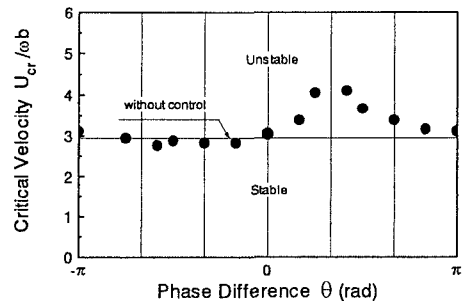


図4 実験結果(下流翼のみ制御)

[α -control, 制御倍率 $K=1.0$]

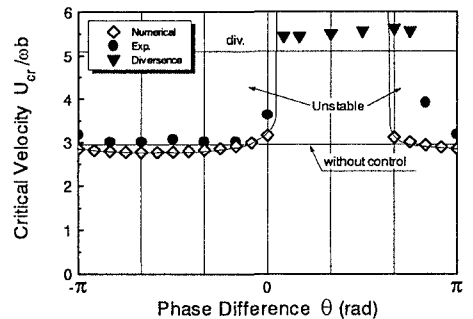


図5 実測空気力係数によるフラッター解析

[下流翼のみ H-control, 制御倍率 $K=1.0$]