

I-A 224 鉛直可動プレートを前縁部に設けた矩形断面の非定常圧力特性

京都大学大学院 学生員○吉住文太 京都大学工学部 正会員 松本 勝
京都大学工学部 正会員 白土博通 京都大学大学院 学生員 藪谷忠大

1. まえがき 超長大吊橋の実現においては耐風安定性の確保が重要であり、中でも桁部に発生するフラッター現象に対しては十分な対策を要する。空力的な立場からフラッター制振を考える場合、構造物周りの流れ場を制御することが重要である。本研究では流れ場を断面の動きに合わせて変化させることでフラッター制振を試みるアクティブコントロールの可能性を探ることを目的としている。実験対象として、鉛直に可動の薄いプレートを前縁部に設けた矩形断面を取り上げ、プレートの動きを断面の動きと同調させた強制加振実験を行いその非定常圧力を検証した。

2. 実験概要 実験に用いた模型は、図1に示すような矩形断面の前縁部に鉛直に可動の薄いプレートを設けたものである。矩形の断面辺長比は $B/D=20$ （ B ：桁幅、 D ：桁高）であり、プレートも含めた断面辺長比は $B/D_F=15.38$ である。実験はたわみ、及びねじれの1自由度の強制加振実験を行った。プレートの動きは矩形断面と同調させ、断面に対する相対変位の振幅（断面に対する最高点と最低点の差）は 3.0mm である。たわみ、ねじれ1自由度振動各々について、断面の変位とプレートと断面の相対変位の位相差を 0° から 360° まで 45° ピッチで測定した。断面とプレートの相対変位の位相差の定義は以下のようにした。

θ_B ：断面のたわみ速度下向き最大からプレートの相対変位が最高点になるまで

θ_T ：断面のねじれ変位頭上最大からプレートの相対変位が最高点になるまで

また、たわみ片振幅は $\eta_0=5\text{mm}$ 、ねじれ片振幅 $\phi_0=2^\circ$ とし、加振振動数は $f=2.7\text{Hz}$ に固定した。非定常圧力の測定は、模型の表面に設置したプレッシャーホールから、加振振動数成分を測定することで行った。

3. 非定常圧力特性 非定常圧力特性は変動圧力係数と位相差で整理した。

変動圧力係数 C_P ：加振振動数成分の圧力変動の倍振幅を主流の動圧で無次元化したもの

位相差 ϕ_B ：たわみ1自由度振動における、たわみ速度下向き最大から上面負圧最大まで

位相差 ϕ_T ：ねじれ1自由度振動における、ねじれ変位頭上

げ最大から上面負圧最大まで

一例として、たわみ1自由度振動（ $\theta_B=180^\circ$ ）、ねじれ1自由度振動（ $\theta_T=90^\circ$ ）の C_P 、 ϕ_B or ϕ_T を図2（U：風速）に示す。比較のため、単独矩形断面（ $B/D=20$ ）の非定常圧力特性を図3に示す。プレート付矩形断面の非定常圧力特性は単独の矩形断面とはかけ離れたものになっている。また、測定したプレート付矩形断面の非定常圧力特性は、断面とプレートの位相差 θ_B 、或いは θ_T により大きく変化した。

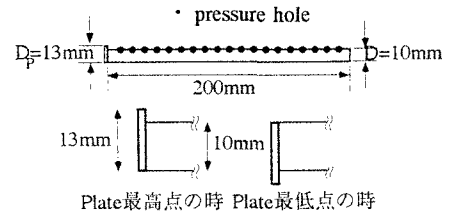


図1 実験に用いた前縁部可動プレート付矩形断面

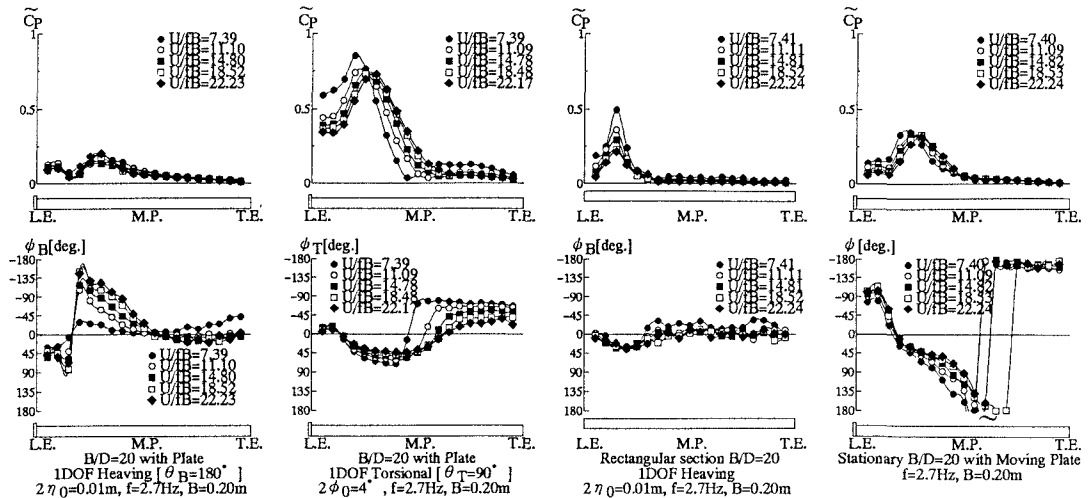


図2 プレート付矩形断面の非定常圧力特性

図3 矩形断面の
非定常圧力特性

図4 プレートによる
非定常圧力特性

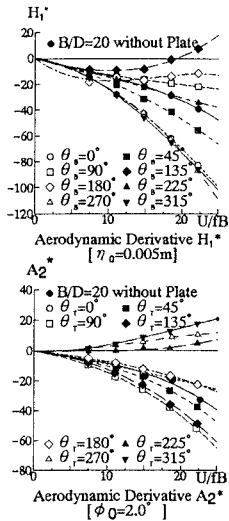


図5 プレート付矩形断面の非定常空気力係数

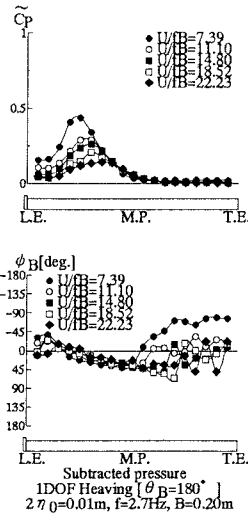
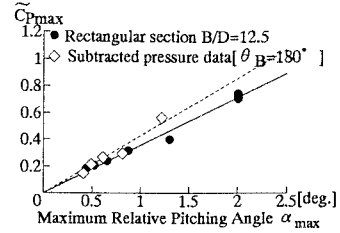


図6 差し引いて求めた非定常圧力特性

図7 差し引いて求めた変動圧力係数 $\tilde{C}_p$ と相対迎角の振幅の関係（◇印）

プレートが非定常圧力に及ぼす影響を調べるために、矩形断面は迎角 0° で静止させプレートのみを鉛直に振動させた場合の非定常圧力特性を調べた。結果を図4に示す。ただし、 ϕ の定義は以下のようにした。

ϕ ：プレートの変位最高点から上面負圧最大まで

図4をみると、 $\tilde{C}_p$ は単独矩形断面がねじれ或いはたわみ振動したときの $\tilde{C}_p$ に類似している。 ϕ も $\tilde{C}_p$ がピークをとる位置付近で単独矩形断面に類似しており、プレートを動かすことで断面がたわみ或いはねじれ振動したときと同じ様な非定常圧力効果（プレートが上に変位したときが、断面が正の迎角を持つ状態に対応）が得られることがわかる。

4. 非定常空気力係数 たわみ或いはねじれ1自由度強制加振実験により直接求められる非定常空気力係数のうち1自由度系において減衰項として直接作用する H_1^* 、 $A_2^{*1)}$ を図5に示す。両係数とも各々の1自由度系において負なら安定、正なら不安定である。 θ_B 、或いは θ_T により、プレートがフラッターを制御する上で効果的にも逆効果にも働くことがわかる。

5. 非定常圧力の重ね合わせ 可動プレート付矩形断面をたわみ、ねじれ2自由度フラッター解析する場合には、振幅 η_0 、 ϕ_0 、プレートと断面の位相差 θ_B 、 θ_T について今回行った強制加振実験とは異なる様々な組み合わせを考えなければならない。そこで、可動プレート付矩形断面の非定常圧力が、単独矩形断面の動きによる非定常圧力にプレートの動きによる非定常圧力が加わったものとして表現できるかを検討した。そのために、プレート付矩形断面のたわみ或いはねじれ1自由度の非定常圧力から、矩形断面を静止させプレートのみを動かしたときの非定常圧力（図4）を位相差 θ_B 、 θ_T を考慮して差し引いた非定常圧力を求めた。一例として、たわみ1自由度振動（ $\theta_B=180^\circ$ ）の結果を図6に示す。 $\tilde{C}_p$ 、 ϕ_B ともに分布形状は矩形断面に類似した傾向を示す²⁾。特に $\tilde{C}_p$ についてその最大値をみると、図7に示すように相対迎角の振幅 α_{max} （たわみ1自由度振動の場合 $\alpha_{max}=2\pi f\eta_0/U$ ）と比例関係にあり、 $\tilde{C}_p$ の大きさが相対迎角の振幅に比例するという矩形断面の $\tilde{C}_p$ 特性²⁾によく合致しているといえる。このことよりプレート付矩形断面の非定常圧力は、一般的に単独矩形断面の非定常圧力にプレートによる非定常圧力を重ね合わせたものとしてほぼ表現できると言える。ただし、ここでの単独矩形断面は図6に示す $\tilde{C}_p$ 、 ϕ_B の分布形状から判断すると断面辺長比が $B/D=20$ よりは小さい矩形断面であるといえる。これはプレートにより断面形状が多少H型になることで実際の断面辺長比より小さい辺長比の特性が現れるためと考えられる。

6. 結論 プレートにより非定常圧力特性を大きく変化させることができる。プレートと断面の位相差によりフラッターに対する安定性が大きく左右される。プレート付矩形断面の非定常圧力特性は、単独矩形断面の非定常圧力特性に、プレートの動きによる非定常圧力特性を重ね合わせたものとして表現できる。

参考文献 1) Scanlan, R.H., Beliveau, J.G., and Budlong, K.S.: Indicial Aerodynamic Functions for Bridge Decks, Journal of the Engineering Mechanics Division, Proceedings of ASCE., Vol.100, EM4, August, 1974

2) 松本 新原 小林：構造基本断面のフラッター発生機構に関する研究，構造工学論文集 Vol.40A, 1994