

九州工業大学 正員 久保 喜延
九州工業大学 学生員 ○ 浦川 健志
九州工業大学 学生員 邑本 興正

1. まえがき 長大構造物の動的耐風性を検討する場合には、振動中の物体に作用する空気力すなわち非定常空気力を知ることが必要となる。この非定常空気力に対する理論的解析としては、Theodoresen理論があるのみである。この理論は二次元ポテンシャル流中で調和振動する場合の平板に作用する空気力を解析するもので、この場合の空気力は振幅に対して線形であるが、吊橋構造部の断面形状が一般に複雑であるため 気流中の物体に作用する空気力を理論的に捉えることが困難であると同時に、空気力が振幅に対して非線形であるため 実験的に求めざるを得ない。吊橋に作用する風は、その方向が一定ではなく時間と共に迎角を変えながら橋桁に吹きつける。

しかしながら、従来吊橋の耐風特性は一定方向にだけから作用する風に対してのみ検討されてきており、時間と共に迎角が変化する場合についての議論はあまりなされてきていない。そこで本報告では、現象を正確にとらえるために吊橋断面をH型断面という単純な断面で代表させて実験を行なっている。また、吊橋断面では上流側部材および下流側部材からの干渉が相互に干渉しあうことによって、耐風特性が決定されると考えられているため、このことを検証する目的でH型断面の上流側および下流側のフランジ高の比および迎角と作用空気力との関連について検討している。

2. 実験および結果 実験に使用した風洞は九州工業大学開発土木工学科付属のゲッチンゲン型小型風洞で、測定断面は40cm×40cmの正方形、長さ200cmを持ち、測定風速範囲は0～7 m/sである。実験模型は長さ38cmで、ウェブの長さ18cm、前縁のフランジの高さはウェブの長さの10%とし、後縁のフランジを0%、5%、10%、15%、20%と高さを変えたものを使用した。書式は図中で10-5と表示してある場合、これはウェブ幅に対して後縁のフランジ高さ5%である。実験は強制振動法で迎角 $\alpha=0^\circ, 2^\circ, 4^\circ, 6^\circ$ について行ない、加振振動数14Hz、加振振幅 $2\theta=2^\circ, 3^\circ, 4^\circ, 5^\circ$ とした。その解析には強制平均化法でデータの平滑を行ない、マイクロコンピュータで計算処理を行なった。Fig.1は振幅を変化させた場合における空気力の絶対値IMH、位相差 β を示している。空気力の絶対値IMHについてみると、振幅の増加に対して空気力が大きくなっており、低風速域では測定空気力が小さいためばらつきが見られるが、高風速域ではその差異がは、さり現れにくくなる。 $V_r=7.5$ で振幅 $2\theta=6^\circ$ の空気力は振幅 $2\theta=2^\circ$ のものより60～80程度大きくなっているが、振幅に対してほぼ同じ割合で増加しているように思われる。また後縁のフランジ高を変化させても、この傾向は保持されているようである。次に、位相差 β についてみると、低風速域においては、風速の増加と共に位相差の増加の割合が大きいが、高風速域にはるに従って、一定の値に徐々に近づく傾向がある。また、振幅を増加させるに従い、位相遅れが小さくなる傾向がある。 $V_r=1.5$ 程度まで位相差 β が負から正に転じていることからかなり低風速から共振すると推測される。Fig.2は、迎角を変化させた場合の空気力の絶対値IMH、位相差を示している。空気力の絶対値は、迎角が

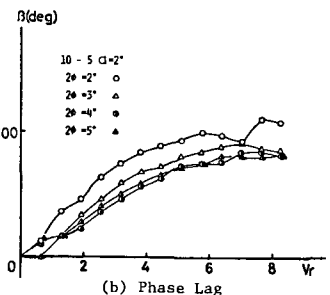
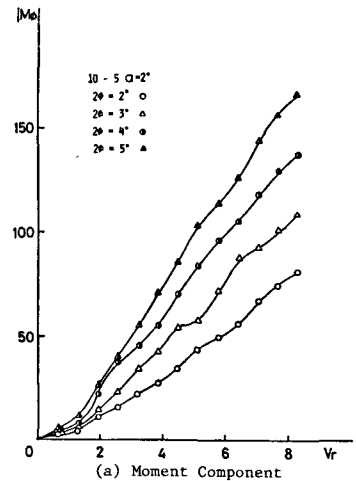


Fig.1 Aerodynamic Forces of H-section ($\alpha=2^\circ$)

さくはるにつれて、小さくなる傾向を示し、特に後縁のフランジ高15%で顕著に現われ、振幅 $2\phi=5^\circ$ では $\alpha=6^\circ$ における空気力は $\alpha=0^\circ$ のものよりも1/6程度小さくなっている。一方、自由振動法における応答では、迎角を大きくすると共振風速は下がり、応答振幅が増加するという現象があるが、もしこの種の断面におけるフラッターが $M\alpha$ が支配的となって飛玉するものであるとすると、上述の結果は、この現象を説明し得ないことになる。

すなわち、迎角の大きい領域でのフラッターにおいては $M\alpha$ 以外の成分がかなり支配的になっていると考えられる。しかしながら、今回は $M\alpha$ のみの測定しか行っていないため、どの成分がどの程度影響を与えているかは不明である。位相差 β についてみると、全体的に $V_r=3$ まで

は $\alpha=6^\circ$ の位相遅れは他の迎角のものより大きい。後縁のフランジ高10%の場合には、高風速側で $\alpha=6^\circ$ の位相差は大きくなっているが、後縁のフランジ高0%, 5%, 15%, 20%では逆に小さくなっている。Fig.3は後縁のフランジ高

について空気力の絶対値 $|M\alpha|$ 、位相差 β を示している。空気力は後縁のフランジ高15%の場合には $\alpha=0^\circ, 2^\circ$ の各振幅において他のケースよりもかなり大きな値を示しているが、 $\alpha=4^\circ$ になるとその差はほとんどなくなり、 $\alpha=6^\circ$ になると $\alpha=0^\circ, 2^\circ$ の場合とほぼ逆にかなり小さな値をとっている。後縁のフランジ高15%の場合には他のケースと異なって、後縁の流れによる離れが迎角によってかなり変化を受けるとと思われる。 $\alpha=0^\circ$ では $V_r=7.0 \sim 7.6$ 付近でピーク値をとり、 V_r の増加と共に減り始める傾向が見られる。位相差 β についてみると、 $\alpha=6^\circ$ 以外の場合には、後縁のフランジ高20%のものだけが他のフランジ高のものに比べて、位相遅れが100~140程度大きくなっているが、 $\alpha=6^\circ$ ではフランジ高20%, 0%, 5%, 10%の順で位相の遅れが大きくなっている。ここには述べていないが、フランジ高を変化させた場合には初期位相差に差異が見られた。このことから真の空気力の検出には、無風時の空気力に含まれている位相を検出することが必要になると考えられる。

3. まとめ 後縁のフランジ高の変化および迎角のついた場合の非定常空気力の影響について次のことが言えるであろう。①、空気力の絶対値は振幅の増加に対して小さくなる傾向がある。また、迎角の増加に対しては、減少する傾向があり、後縁のフランジ高15%では他のフランジ高のものより空気力は大きい。迎角を増加すると減少する割合が大きくなる。②、位相差は、振幅が小さくなると、大きくなる傾向がある。また、迎角が大きくなると、前縁と後縁のフランジ高が等しい場合は大きくなり、異なる場合には逆に位相遅れは小さくなる。

③ 後縁のフランジ高の増加に対して初期位相差に変化を与えているため、無風時の空気力の影響を受けていると思われる。今後、このことについて検討する必要がある。

参考文献 ①、久保、菊川、山南；小型風洞による非定常空気力測定 第34回年次学術講演会講演概要集

