

九州工業大学 学生員 邑本 興正
 " 正員 久保 喜延
 竹中土木(株) 正員 浦川 健志

1. まえがき 吊橋の耐風特性を検討するにあたり、非定常空気力の測定は従来一定方向から作用する風に対してなされるのが常であるが、自然風は時間と共にその方向を変化するので、空力特性の検討には時々刻々と風がその迎角を変化させる場合の非定常空気力を測定することが必要である。そこでその前段階として風が吊橋断面に対して迎角をもつ場合の非定常空気力の測定を行なった。また、吊橋断面に発生するストールフラッターは、上流側部材からはく離が主となつて生ずると考えられているが、後流側部材の影響によつて、どのようにその特性が変わるのかについても検討を行なった。更に今回の実験においては従来無視されていた無風時の空気力を検出すること、および従来の方法で測定された空気力の修正式をも提示した。

2. 実験方法 実験に使用した風洞はゲッチンゲン型小型風洞で、測定断面は40cm×40cmの正方形、実験模型は現象を簡単にとらえるためにH型断面を採用した。模型は長さ38cmでウェーブの長さは18cm、前縁のフランジ高はウェーブの長さの10%、後縁のフランジ高は0%・5%・10%・15%・20%、迎角 $\alpha = 0^\circ 2^\circ 4^\circ 6^\circ$ 、加振振動数14Hz、 β_0 振幅 $2\phi = 2^\circ 3^\circ 4^\circ 5^\circ$ について強制振動法を用いて実験を行なった。そして解析においてはマイクロコンピュターを用いて強制平均化法でデータの平滑化を行なった。また無風時の空気力の検出には、模型端部からはく離を起こさせないことが必要であると考え、その方法として模型をケント用紙で円柱状に囲んで実験を行なった。

3. 実験結果および考察 (i) 迎角の変化した場合の空力特性 Fig.1は迎角を変化させた場合の空気力の絶対値 M 、位相差 β を示している。空力モーメント M についてみると、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、迎角の増加にともない空力モーメント M は減少している。空力モーメントが減少する原因としては迎角の増加によりはく離流の再付着点が上流側に移動すると同時に上下面の圧力差が減少したためではないかと考えられる。また位相差 β は、 $V_r = 35$ 以上では $\alpha = 0^\circ$ が一番大きく、 $\alpha = 2^\circ$ 、 $\alpha = 4^\circ$ 、 $\alpha = 6^\circ$ となるにつれ小さくなっている。この傾向は後縁フランジ高0%のすべての振幅のケースについて現われている。このことより位相差は迎角と断面との相互の関係により決まるのではないと思われる。

(ii) 後縁の幾何学的形状が変化した場合の空力特性 Fig.2は後縁の幾何学的形状を変化させた場合の空気力の絶対値 M および位相差 β を示している。ここで10-0、10-5、10-10、10-15、10-20とは、前縁のフランジ高がウェーブの長さの10%で、後縁のフランジ高がそれぞれウェーブの長さの0%・5%・10%・15%・20%ということの意味している。空力モーメントは後縁フランジ高が10-0、10-5、10-10、10-20と増加するにつれ減少しているが、10-15は他の断面のものに比べると特に大きな値を示している。このように10-15が他の断面と違う特異な傾向を示すことは他のケースについても現われている。しかも他の断面に比べ常に大きな値を示すのではなく、迎角が大きくなるとこの傾向は減少して、 $\alpha = 6^\circ$ では他の断面

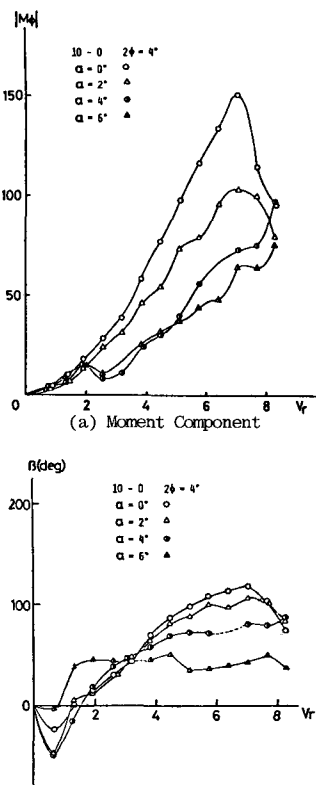


Fig.1 (b) Phase Lag
 Aerodynamic Forces of
 H-Section ($2\phi=4^\circ$ Model 10-0)

より小さな値をとるようになる。この原因について詳細に検討するには模型表面の圧力分布を測ることが必要であると考えられる。本実験ではこれについて検討を行なっていないのでは、きりした結論を出すまでには至っていない。しかしこの実験により後縁の幾何学的形状は空力特性に大きく関与しているといえる。次に位相差は10-20が他の断面に比べ100~400程度大きな値を示している。このことは10-20は初期位相差が他の断面に比べ100程度大きな値をとっているからだと考えられる。このように大きな初期位相差の差が生じたことは、無風時の空気を考慮に入れていないためだと考えられる。そこで無風時の空気を考慮に入れ、無風時の空気に含まれている位相差を検出することが必要だと考えられる。

(ii) 無風時の空気力について 無風時の空気を考慮しないで測定された送風時の空気力は、無風時の空気力のみを知れば次の式で修正可能となる。

$$\phi_{av} = \bar{\phi}_{av} \left\{ \left[\frac{\phi_{ao}}{\bar{\phi}_{av}} \cos(\beta_i + \beta_{ao}) + \cos(\bar{\beta}_i + \bar{\beta}_{av}) \right] + \left[\frac{\phi_{ao}}{\bar{\phi}_{av}} \sin(\beta_i + \beta_{ao}) + \sin(\bar{\beta}_i + \bar{\beta}_{av}) \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

$$\beta_{av} = \tan^{-1} \left[\frac{\frac{\phi_{ao}}{\bar{\phi}_{av}} \sin(\beta_i + \beta_{ao}) + \sin(\bar{\beta}_i + \bar{\beta}_{av})}{\frac{\phi_{ao}}{\bar{\phi}_{av}} \cos(\beta_i + \beta_{ao}) + \cos(\bar{\beta}_i + \bar{\beta}_{av})} \right] - \beta_i$$

ϕ_{ao} : 送風時の空気力の絶対値
 β_{av} : 送風時の位相差

ϕ_{ao} : 無風時の空気力 β_{ao} : 無風時の位相差 β_i : 初期位相差 $\bar{\phi}_{av}$: 無風時の空気を無視した空気力
 $\bar{\beta}_i$: 無風時の空気を無視した初期位相差 $\bar{\beta}_{av}$: 無風時の空気を無視した位相差

Fig.3は無風時の空気を考慮した場合の空気力の絶対値 M および位相差 β である。これによると無風時の空気力は無風時の空気を考慮していない場合の空気力の $V_r=3$ あたりのオーダーを持ったため無視できない。また位相差は $V_r=3$ 付近で負から正に転じ、高風速域になると無風時の空気を含まない場合の位相差とほぼ一致する。

4 まとめ 以上のことをまとめると以下ようになる。迎角の増加および後縁フランジ高の増加に対して、空気力は減少する傾向にあるが、10-15の断面は特異な現象を示している。このことについては更に検討を行なう必要がある。また、無風時の空気力はかなり大きなオーダーを持っており考慮する必要がある。今後の課題としては模型表面の圧力分布の測定および時々刻々変化する空気力の表現方法の検討が考えられる。

参考文献 (1) 久保、浦川、山浦 ; 小型風洞による非定常空気力測定 第34回年次学術講演概要集
(2) 久保、浦川、邑本 ; 吊橋補剛桁に作用する非定常空気力 54年度土木学会西部支部講演集

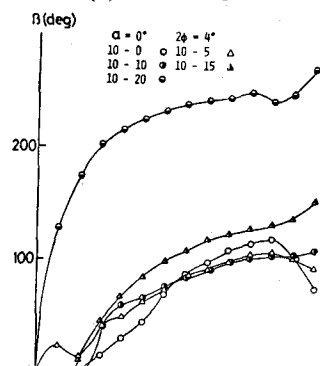
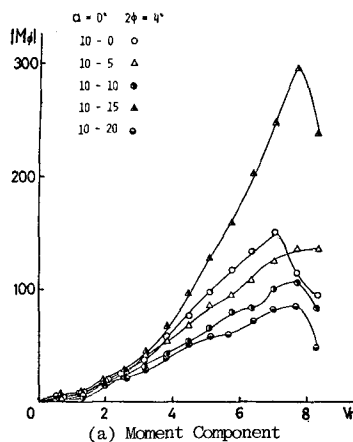


Fig.2 (b) Phase Lag Aerodynamic Forces of H-Section ($\alpha=0^\circ$ $2\phi=4^\circ$)

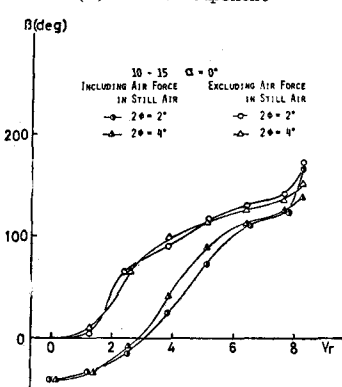
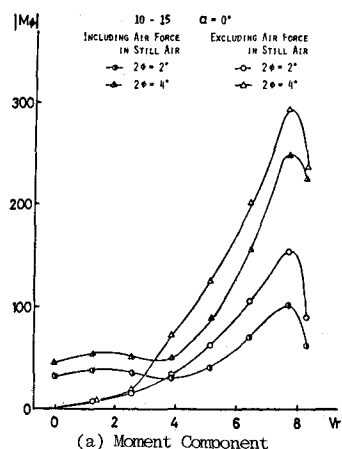


Fig.3 (b) Phase Lag Aerodynamic Forces of H-Section ($\alpha=0^\circ$ Model 10-15)