

京都大学工学部 正 白石成人 中央大学理工学部 正 岡内 功  
本州四国連絡橋公団 正 栗野純孝

1. まえがき 長大吊橋の耐風安定性を調べるに、縮尺模型による風洞実験が活発に行なわれているが、これらの実験を通じて得られる種々の空力特性と実物構造物の空力挙動との関連性を検討することは極めて重要な問題である。そのため千葉県館山に本四連絡橋吊橋トラス補剛桁を有する大型二次元模型（耐風実験橋）を設定し、自然風的作用のもとでどのような空力挙動を示すかを調べるために、土木学会、本四公団によって観測が行なわれた。本研究はこれら一連の観測によって得られた空力挙動のうち、自然風の乱れによって生じた鉛直たわみ振動に着目し、その振動発生過程におけるシステム関数（空力減衰効果および空力アドミッタンス）について時間軸における過渡応答解析によって検討を加えたものである。

2. 時間軸における過渡応答解析手順 対象とされた観測は鉛直たわみ・振れ 2 自由度振動系のもとで行なわれたものであり、従って鉛直たわみ振動を生じさせる入力となる物理量としては、平均風速、変動風速（主流方向および鉛直方向成分）の他に、振れ変位および振れ変位速度が考えられる。このときある時刻  $t$  における鉛直たわみ振動は次式のように表わすことができる。

$$\eta(t) = \eta_i(t) + \eta_u(t) + \eta_w(t) + \eta_\varphi(t) + \dot{\eta}_\varphi(t) \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{ただし } \eta_i(t) &= e^{-\zeta_\eta (2\pi f_\eta t)} \left\{ \left( \frac{\dot{\eta}(0)}{2\pi f_\eta \eta(0)} + \zeta_\eta \right) \eta(0) \sin 2\pi f_\eta t + \eta(0) \cos 2\pi f_\eta t \right\} \\ \eta_u(t) &= \rho B l \bar{U} \left\{ \frac{dC_F(0)}{d\alpha} + C_F(0) \right\} \int_0^t h(t-\tau) \left\{ \int_0^1 H_u(\tau-\tau_1) u(\tau_1) d\tau_1 \right\} d\tau \\ \eta_w(t) &= \frac{1}{2} \rho B l \bar{U} \frac{dC_F}{d\alpha}(0) \int_0^t h(t-\tau) \left\{ \int_0^1 H_w(\tau-\tau_1) w(\tau_1) d\tau_1 \right\} d\tau \\ \eta_\varphi(t) &= -\frac{1}{2} \rho B l \bar{U}^2 \frac{dC_F}{d\alpha}(0) \int_0^t h(t-\tau) \varphi(\tau) d\tau \\ \dot{\eta}_\varphi(t) &= -\frac{1}{4} \rho B^2 l \bar{U} \frac{dC_F}{d\alpha}(0) \int_0^t h(t-\tau) \dot{\varphi}(\tau) d\tau \\ h(\tau) &= \frac{1}{2\pi m f_\eta \sqrt{1-\zeta_\eta^2}} e^{-2\pi f_\eta \zeta_\eta \tau} \sin 2\pi f_\eta \sqrt{1-\zeta_\eta^2} \tau \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$h(\tau)$  : 変動揚力と鉛直たわみ応答間の単位衝撃応答関数、

$H(\tau)$  : 変動風速と変動揚力間の単位衝撃応答関数

以上の各式よりガスト鉛直たわみ不規則振動を算出することができるが、その場合に、 $h(\tau)$ および $H(\tau)$ を明らかにすることが必要となる。しかしながらこれらの物理量には現在もなお不明な点が多く残されておりそのため本研究では、図1に示される手順によってこれらの物理量を変化させ、鉛直たわみ振動の波形、分散値等が観測値と一致させるように制御することによって、逆にこれらの諸量を推定した。

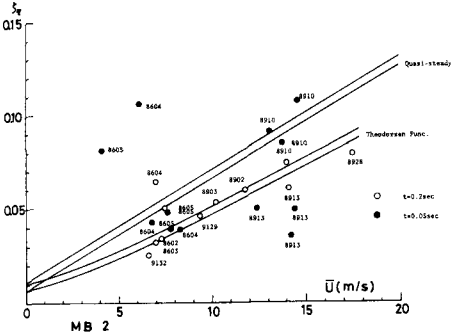
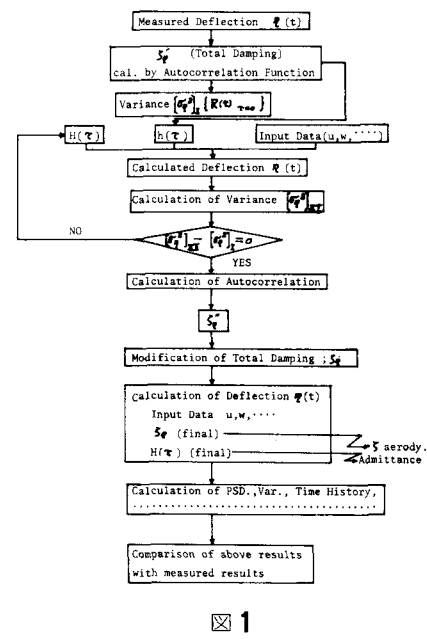
3. 解析結果 解析において、データサンプル時間間隔は0.2秒、0.05秒の2通りとレデータ個数は1024個とした。得られた鉛直たわみ振動結果の1例を図2に示す。この図に示されるように、上述の諸量を適当に制御することにより計算値と観測値を比較的良く一致させることができる。次に、図1の手順によって推定された $\zeta_\eta$ 結果を図3に示す。図中直線は準定常値を示し曲線は準定常値をTheodorsen関数で補正したものを示す。直線、曲線が2本ずつ記入されているのは構造減衰測定値のばらつきに起因するものである。推定された $\zeta_\eta$ はばらつきは見られるもののその傾向としては平均風速と共に増加し、準定常値よりやや小さくなっている。次に、推定された $H(\tau)$ のフーリエ変換を行ない、その絶対値（周波数軸における空力アドミッタンスに対応）を変動風速の $\sqrt{\text{コヒーレンス}}$ より定義される $\sqrt{\text{空力アドミッタンス (decay factor k$

を変化)と比較したものである。( 図中⊙印は、鉛直たわみ固有振動数に対応するものであり、その近傍では推定精度が比較的良いものと考えられる。) 推定された結果は、換算振動数の小さな領域では decay factor の大きな (  $k=10\sim20$  ) の結果に、また逆に換算振動数が大きな領域では decay factor の小さな (  $k=2\sim5$  ) に近い値を示している。

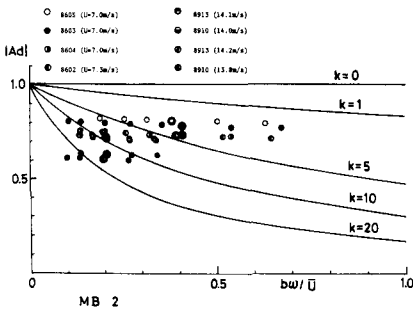
4. 結び 以上の研究を通じて得られた成果は次のようである。

- (i) 空力減衰は準定常値よりやや小さくなるものと推定される。しかしながら静的揚力係数勾配の精度あるいは自己相関関数による減衰の評価法に残された問題もあり今後更に検討が必要といえよう。
- (ii) 空力アドミッタンスは 1.0 より小さく、約 0.6 ～ 0.9 の間で平均風速等によって変化し、換算振動数によって余り変化せずほぼ一定値を示すようである。

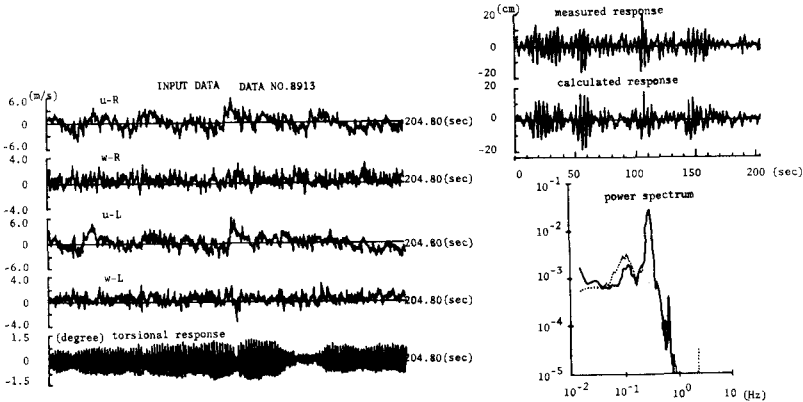
最後に本研究は土木学会本州四国連絡橋耐風研究小委員会の委員各位ならびに関係各位に御指導いただいたものであり謝意を表するものである。



⊗ 3



⊗ 4



⊗ 2