

立命館大学理工学部	学	細見 雅生
大阪大学工学部	正	小松 定夫
立命館大学理工学部	〃	小林 純士

[はしぎき]

長大構造物の動的耐風性の研究において、振動中の模型に作用する空気力すなわち非定常空気力を知ることが重要である。非定常空気力の測定方法には、強制振動法および自由振動法があり、従来から多く利用されてきている。本研究は、模型の上下振動の記録と解析することにより非定常空気力を求める方法を示し、その方法による非定常空気力の計算結果の信頼性を検討したものである。本方法は、自由振動法と同じものである。従来の自由振動法では、調和振動をする模型の空気力の実部と虚部を求めることのみが可能であったが、本方法によれば、非定常空気力の波形を求めることができる。

1. 空気力の計算方法

上下1自由度振動する模型に作用している外力は、その模型の動特性すなわち、模型の質量 m 、減衰係 c 、ばね定数 k が既知であれば、振動記録の実測値（変位 y_e 、速度 $\dot{y}_e$ 、加速度 a_e ）を用いて算出することができる。実際には、変位計または加速度計による測定が普通である。そのような場合には、実測変位の微分値あるいは実測加速度の積分値を用いて、次のように空気力を求める。

$$f(t) = m \frac{d^2 y_e}{dt^2} + c \frac{dy_e}{dt} + k y_e \quad (1)$$

$$= m a_e + c \int a_e dt + k \int \int a_e dt^2 \quad (2)$$

式(1)、(2)の微分または積分は、フーリエ変換手法を利用して精度よく求めることができる。

2. 強制加振実験

上述の方法による外力の計算結果の信頼性を調べるため模型実験を行なった。模型は図-1に示すように、上下1自由度ばね支持し、模型の下部に取付けたひもを介して加振した。模型の振動変位、加速度とともに、加振力をも荷重計を用いて同時測定した。

模型の重量は約2.5kg、固有振動数は3.15Hz、対数減衰率は0.014であった。振動変位、加速度および加振力の記録は1/50秒ごとにサンプリングし、約60サイクル分の波形を解析した。

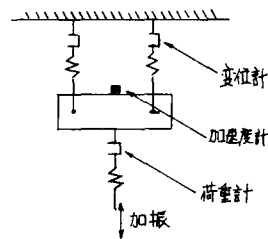


図-1 加振実験

式(1)および(2)にしたがい、振動記録を用いて加振力を求め、実測外力と比較してみた。図-2にその1例を示す。変位記録により計算する場合は、5Hzの低域濾波を施し、加速度記録より計算する場合は、1Hzの高域濾波を施した。図の例にみられる通り、計算外力は実測外力によく一致している。加振振動数は、模型の固有振動数の0.9~1.1倍の範囲とし、数種の実験を繰返した結果次のような外力計算精度が得られた。計算外力のRMS値の実測外力に対する比は、変位記録を用いる場合 0.98~1.07、加速度記録を用いる場合 0.98~1.10 であった。計算外力の実測外力に対する位相のずれは、変位記録を用いる場合、 $-7^{\circ} \sim 3^{\circ}$ であり、加速度記録を用いる場合 $-3^{\circ} \sim 11^{\circ}$ であった。

3. 空気力測定例

上述の方法により、模型に作用する非定常空気力を算定し、自由振動法を用い空気減衰より計算される空気力と比較してみた。模型は、平板状の模型と矩型断面の模型と2種類使用し、風洞において上下1自由度振動させた。模型の諸元は図-3、4に示してある。

ある一定の風速のもとで模型を強制加振し、解放した後の減衰振動を変位計により測定した。限定振動が発生する場合は、模型の静止状態から定常振幅に達する過程を記録した。変位記録の解析にあたり、データは0.02秒毎に1024ヶサンプリングした。

模型に作用する揚力を $L = L_y \dot{y} + L_y \ddot{y}$ とすれば、空気力の虚数部 L_y は次のように空気力減衰 δ_a におきかえられる。

$$\delta_a = -\frac{\pi L_y}{m \omega} \quad (3)$$

一方、空気力減衰は、振動記録から求められた対数減衰率 δ から構造減衰 δ_s を引き去り $\delta_a = \delta - \delta_s$ として求められる。図3、4は、それぞれの方法により求めた空気力減衰を振幅に対してプロットしたものである。両者は比較的良好一致している。

[あとがき]

振動記録を数値的に解析する方法で空気力を求める方法を示したが、実用上十分な精度を有していることがわかった。今後空気力の詳しい解析に利用できるものと思われる。

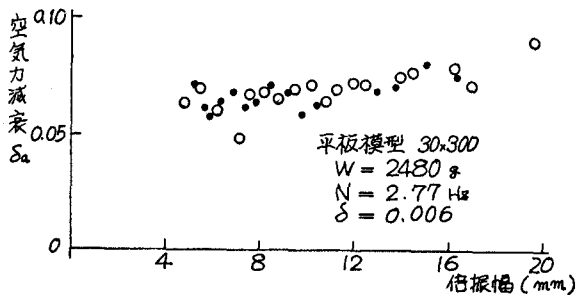


図-3 減衰振動時の δ_a ($V=2.2$ m/s)

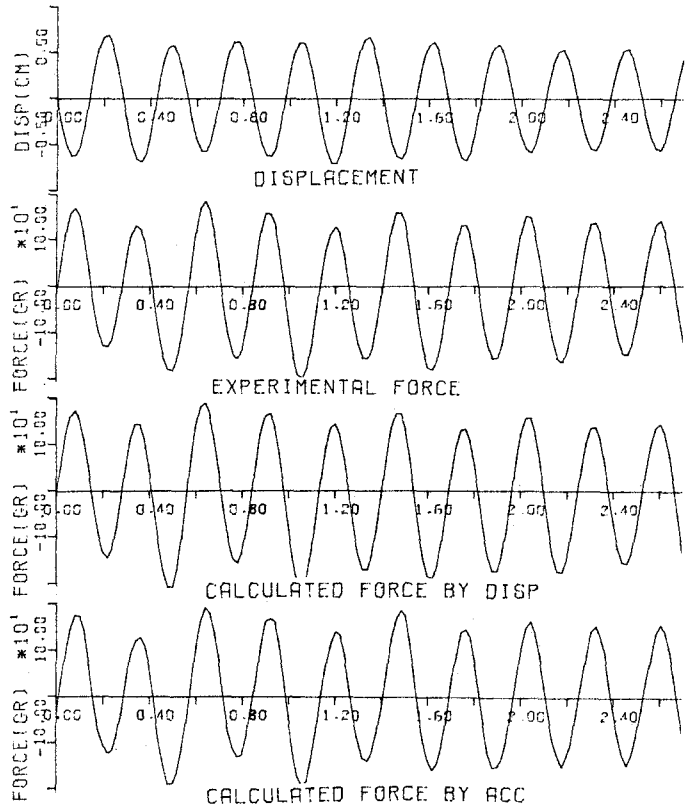


図-2 外力の計算値と実測力の比較

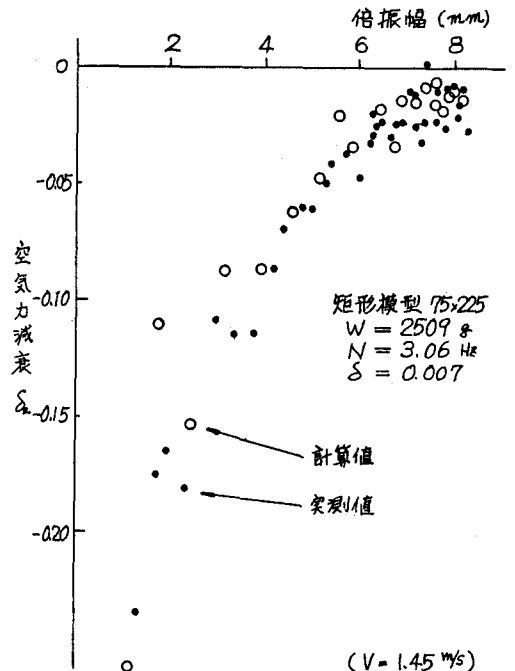


図-4 限定振動発生時の δ_a