

偏平H型断面柱における非定常圧力の関数化

九州工業大学・工学部 ○ 学生員 平田鋼三

正 員 久保喜延

学生員 百留和彦

1. まえがき

流体中において構造物に生ずる流体励起振動のメカニズムを知り、その応答量を推定する際に必要となる構造物に生じる外力すなわち非定常空気力の測定を行ってきた。しかし、それより得られる情報のみでは、空力弾性振動の発生メカニズムの解明に対して十分なものとはなり難いことが認識されてきた。そこで、表面非定常圧力と物体表面を流下する流れとの関係を見いだすことに主眼を置いた研究が行なわれている。圧力変動は振動振幅や風速などの関数であると考えられるので、これらによる関数化がなされれば、非定常空気力の関数化も可能となり、設計に必要な応答量を推定する手法も確立することができる。本研究ではこれらの点について着目して、偏平H型断面柱を風洞内で強制加振し、表面圧力の測定を行なうことによって、圧力変動の関数化を試みる。

2. 解析方法および検討

従来、非定常圧力変動は、一つの正弦波のみで表現されられていた。しかし、本研究における種々の検討の結果より、非定常圧力変動波形は、一つの正弦波のみでは充分な表現とはならないことがわかり、数個の正弦波すなわちフーリエ級数で表現する必要があると考えられる。これらのことをもとに、ここでは、データ処理の手法について検討を行う。

雑音の除去について 強制加振実験で得られた構造物の振動波形と一周あたりの非定常圧力変動の波形を示すと図1のようになる。それをみると非定常圧力変動波形にはかなりの高周波成分の雑音が存在していることがわかる。その原因としては、計器等による電気的雑音によるものと表面上の渦の中に存在する高周波成分によるものだと考えられる。そのため本来着目すべき物体に振動を引き起こす圧力変動成分がはっきり現われていない。そこで、その非定常圧力変動成分をはっきり表わせるようにするために前に述べた雑音成分を取り除く必要がある。その雑音除去方法として、次に述べる平滑化を行なった。平滑化とは、非定常圧力変動波形と共に測定した構造物の振動波形を基準として、一周毎に非定常圧力変動波形を重ね合わせて各時間の非定常圧力変動の平均をするものである。その結果を示すと図2のようになる。これをみると図1で非定常圧力変動波形に存在していた高周波数の雑音成分がほぼ完全に除去されていることがわかる。また、平滑化された非定常圧力変動のパワースペクトルの結果を図示すると図3のようになり、スペクトルに関して検討を行っても高周波数成分が除去されていることがわかる。このことより、平滑化は

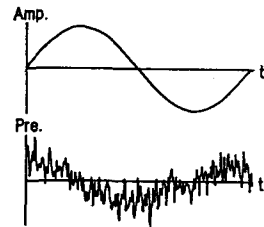


図1 平滑化前の圧力波形と変位波形



図2 平滑化後の圧力波形

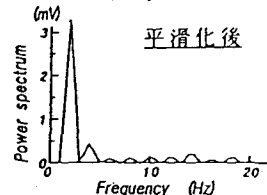
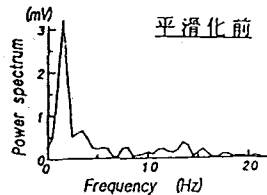


図3 圧力変動のスペクトル

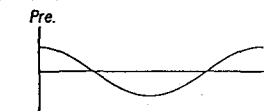


図4 近似後の圧力波形

雑音除去するのに適した方法と言える。

振動数成分における圧力波形の近似 非定常圧力波形自体数々の振動数成分波形の重ね合わせによるものであり、その重ね合わせの際には各振動数成分に関するパラメータを知っておく必要がある。そこで主成分となっている固有振動数成分について近似を行う。この場合、必要となるパラメータは振幅と位相差でありここで用いる手法は、最小二乗法である。その結果を示すと図4のようになる。以上求めた平滑化された非定常圧力変動波形と固有振動数成分に関して近似して求めた圧力波形との間の差(残差)を求めると図5のようになる。図5をみると固有振動数以外の振動数成分もかなり含まれているおり、このパワースペクトルを取ると図6のようになり、これらが固有振動数の整数倍の成分であることがわかる。

3. 非定常圧力と剥離せん断層との関係について

波形の近似を行なうことによって求めた非定常圧力の振幅及び位相差を風速に関して図示すると図7、図8となる。このことを著者らが行った剥離せん断層の挙動と応答に関する検討をもとに考察すると次のようになる。図7に示したように換算風速 $Vr=1.75$ から $Vr=2.25$ では、非定常圧力の振幅は、測点1、2の値より測点3の値の方が小さくなっており、測点3が剥離せん断層の巻き込みの下流側にある。しかし次の風速域($Vr=2.25 \sim Vr=3.25$)では風速の増加につれて、測点3ではその振幅の値が徐々に大きくなってほぼ一定の値に近づいている反面、測点4の値が小さく、上述の風速域における測点3のものと同様の状況になっていると考えられる。このことは、図7中に図示しているように剥離せん断層の影響範囲が風速の増加につれて下流側に拡大しているために生じているものと推定される。以上は、関数化で求められた振幅を検討したものであるが、位相差(図8)も同様の傾向を示していることがわかる。

4. まとめ

以上非定常圧力変動のデータ処理及び非定常圧力特性の検討をしてきたが、これらをまとめるとつぎのようになる。

①ここで用いた平滑化法によると、雑音の除去は簡単に行え、主たる振動数成分の圧力変動波形を取り出すことが出来る。

②上述の近似法で求められた位相差及び振幅から空力弾性振動の発生メカニズムに関する情報が得られるようになり、非定常圧力の関数化についての可能性が生まれた。

参考文献

- 1) N.J.Cherry, R.Hiller and M.E.M.P.Latour : Unsteady measurements in a separated and reattaching flow ,J.Fluid Mech.(1983)
- 2) 久保等、強制ねじれ振動中における偏平構造断面柱の表面非定常圧力特性、第42回年講概要集



図5 残差の変動波形

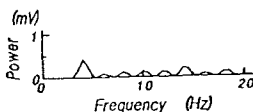


図6 残差の変動スペクトル

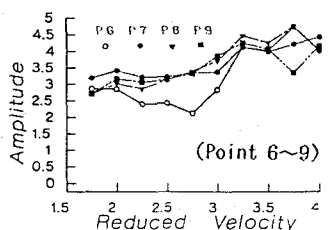
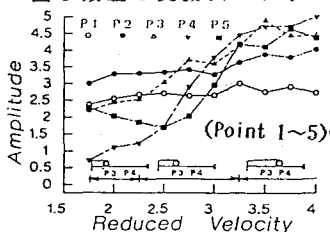


図7 風速と圧力変動振幅の関係

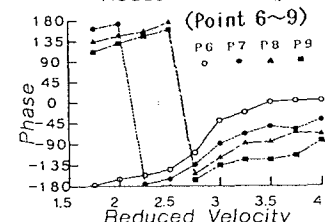
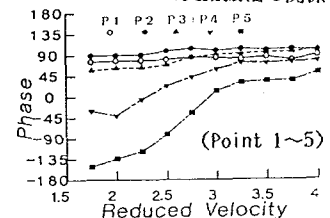


図8 風速と位相差の関係