

九州工業大学・工学部 正員 久保喜延

〇 学生員 平田鋼三

日本道路公団

百留和彦

1. まえがき 橋梁断面における耐風安定性を検討するにあたっては、その断面に生じる空力特性および応答特性を把握する必要がある。また、そのとき空力弾性振動の発生メカニズムに関する情報があれば、これらの特性についてより詳しく知ることができる。そこで、著者らは、偏平H型断面柱を採用し、自由振動実験及び可視化実験より物体表面に生じる非定常圧力と表面を流下する流れとの関係を見いだすことに主眼をおいた研究を行ってきた。その結果、偏平H型断面柱に生じる種々の空力弾性振動は、表面上に分布する渦の配置の違いに起因するものであることが分かってきた¹⁾。しかし、そのみでは、設計に必要な応答量などの定量的評価を与えることはできない。それを可能とするには、非定常空気力のもとである非定常圧力のある関数で表現できるようにすることが必要である。すなわち、圧力変動が風速および振動振幅の関数で表現されるならば、非定常空気力を適当な関数で表現することもでき、それを振動方程式に代入することにより応答量を算定する手法を確立することができる。本研究ではこのような目的のため、従来から用いている偏平H型断面柱を風洞内で強制的に曲げ加振したときに物体表面に生じる非定常圧力の挙動を測定し、その関数化を試みることによって、非定常圧力特性を詳細に検討することにした。

2. 解析方法 圧力変動の関数化にあたっては、圧力変動波形より種類の情報を得る必要がある。従来、圧力変動は、振動数成分の正弦波のみで表現されるとしていた。しかし、今回の圧力変動波形に関する種々の検討結果より、非定常圧力波形は一つの正弦波形では充分に表現できないことがわかり、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²⁾。ここでは、以上のことを可能とするために変動圧力波形の処理法について述べる。

平滑化法について 圧力変動波形には、計器類による電氣的雑音および表面上を流下する渦の中に含まれる高周波数成分の雑音が存在している。このように種々の雑音を含んだ波形からでは、振動を引き起こす圧力変動成分を把握し難い。そこで、それらの雑音成分を取り除く必要がある。その手法として、今回平滑化法を用いた。平滑化法とは、振動波形の一周期分を基準として、圧力変動波形を同時刻で区切り、それを重ね合わせて平均をとることによって、雑音などを消去する手法である。平滑化前と平滑化後の圧力変動波形を示すと図1のようになり、平滑化の処理を施すと雑音が除去されていることが分かる。

振動数成分に関する正弦近似について 平滑化された圧力変動波形を

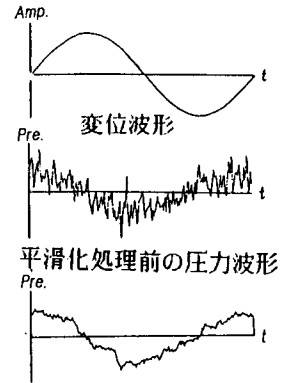


図1 平滑化処理前後の圧力波形と変位波形

図2 正弦近似後の圧力波形

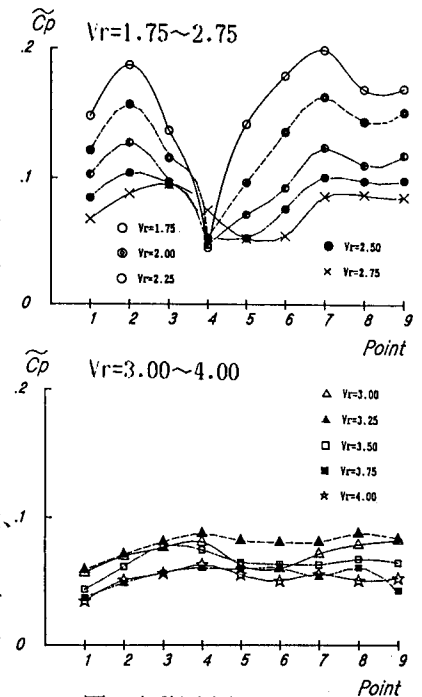


図3 変動圧力係数分布図

さらに最小二乗法を用いて、正弦波に近似した。この場合、位相差とは振動振幅と変動圧力との位相差であり、振幅は変動圧力である。図2は、正弦近似された波形を示したものである。

3. 非定常圧力特性と変動圧力の関数化について

非定常圧力の関数化について 正弦近似により得られた変動圧力を無次元化した変動圧力係数を示すと図3のようになる。これを見ると、一定の傾向性を示していることが分かる。しかし、この形では本研究の主旨である変動圧力の関数化は困難であるため、今回は全風速を通して前縁での影響を同じとするために測点1の値で除したものをを用いた。この結果を示すと図4のようになる。この分布形状に着目すると、全風速を通して同じ凸型をしていることが分かる。この形状より、関数として $Y=X/(A+BX^2+CX^4)$ を採用し、最小二乗法を用いてその係数を定めた。その結果は、図4に示している。次に、位相差について検討を行なう。位相差においては、物体表面を流下する渦と密接な関係があることが報告されている³⁾。このことに着目して、流下速度を考慮した位相差の検討を行なった。この場合、流下速度としては、以前行なった可視化実験より、接近流速を採用した。図5は、その結果を示したものであり、位相差においてもその形状より $Y=a_0+a_1X+a_2X^2+a_3X^3$ で近似を行なった。近似結果は、図5に示したようである。

非定常圧力特性について 変動圧力の位相差より推定された渦の配置と、変動圧力係数比の関数化したグラフとを比較すると図4に表われている凸部は、それぞれ前縁で剝離した渦および再付着した後の渦に対応していることが分かる。このことを剝離渦の影響範囲と考え合わせると、前縁側の凸部は前縁で剝離した渦の影響範囲であり、後縁側の凸部は再付着した後の渦の影響範囲ではないかと考えられる。また、風速の増加と共に凸部の個数が減少している点などは、渦の間隔が風速の増加に連れて拡大していることにも対応しているように思われる。次に、流下速度を考慮した位相差のグラフによれば、位相差と剝離せん断層の到達時間とは、密接な関係があることがわかる。

4. まとめ 以上非定常変動波形のデータ処理法および非定常圧力に関して検討を行ってきたが、このことについてまとめると次のようになる。

- ① 圧力変動波形のように雑音を含んだ波形データの雑音除去の手法として平滑化法はかなり有効である。
- ② 変動圧力および位相差等の関数化により非定常圧力特性の把握を、より明確に行なうことができると共に、定量的評価を行える可能性が生まれた。

参考文献

- 1) 久保、平田：強制ねじれ振動中における偏平H型断面柱の表面非定常圧力特性、第42回年講概要集
- 2) 久保、平田：偏平H型断面柱における非定常圧力の関数化、昭和63年西部支部大会
- 3) 久保、加藤：偏平構造断面柱の発振風速推定式のについて、第9回風工学シンポジウム

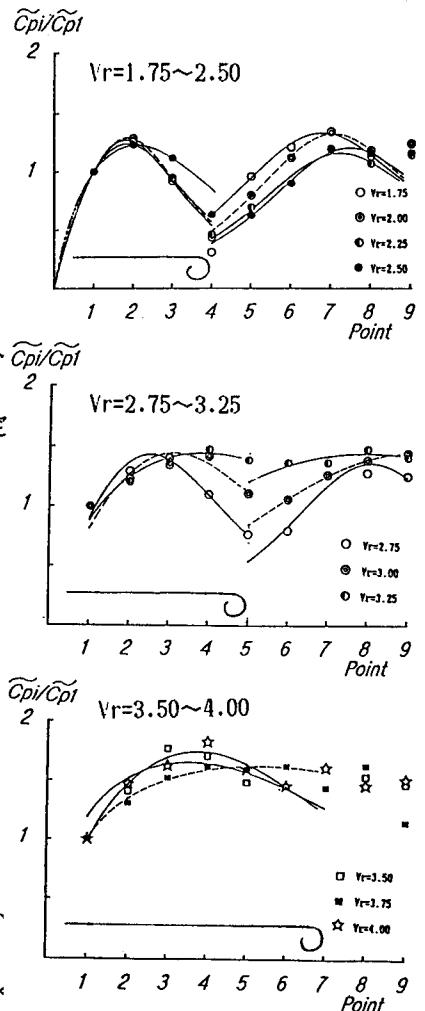


図4 変動圧力係数比と渦の配置

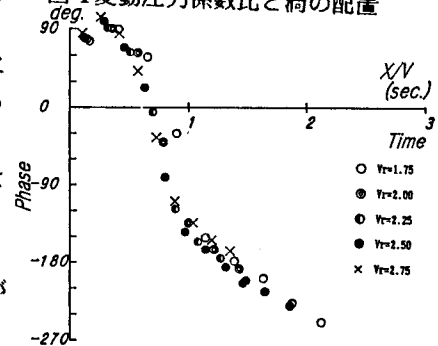


図5 流下速度を考慮した位相差