

I-209

偏平H型断面柱（ $B/D=10$ ）における非定常圧力と周辺流れについて

住友重機械工業㈱ 正員 ○ 平田 鋼三、大野喜久雄

1. はじめに 流体中におかれた構造物に生じる空力振動は、振動の発生する風速域、振動振幅、振動モード、断面形状の違いにより、それぞれ異なったメカニズムで発生するものとされてきた。そのため、振動発生メカニズムをも考慮した非定常空気力ならびに振動応答量等の推定は、困難であった。そこで、非定常空気力や振動応答量を定量的に評価するために、振動発生のメカニズムの解明に関する研究が行われている^{1)・2)・3)}。その結果として、「種々の空力振動は、断面の前縁から剥離したせん断流れが作る流れのフローパターンの違いにより発生する」¹⁾ことを明らかにした。実際、偏平H型断面柱における自由振動実験¹⁾によれば、振動応答は図2に示すように曲げと振れの固有振動数を同じにした場合、曲げ振動と振れ振動とは風速の上昇に対して交互に現われることになる。また、流れの可視化実験においても曲げ振動又は、振れ振動が発生する風速域では、それぞれの振動が発生し易い、剥離渦のフローパターンとなっている²⁾。

剥離渦のフローパターンが、振動モードの違いに依らずに風速によって決定されることがすでに報告されているが³⁾、今回の報告では、非定常圧力計測結果によって検証することを目的とする。

2. 実験方法 実験に用いた模型は、図1に示す断面高さ $D=24\text{mm}$ 、断面幅 $B=240\text{mm}$ を有した偏平H型断面柱であり、模型表面には上下面にそれぞれ12個の表面圧力測定用の圧力孔が設けてある。圧力測定は、模型表面上の圧力孔で取り出した圧力を導管で端板まで導き、ビニールチューブ、スキャニャーバルブを介して差圧計（司測研P7D）に導き、風洞内の静圧との差を取るにより行った。

実験手法としては、強制加振法を採用し、曲げ加振並びに振れ加振状態で行い、その時の表面圧力を計測した。実験条件は、曲げ加振では、 $2A/B=0.01, 0.03, 0.05$ （ A :振動振幅）であり、振れ加振では、 $2\phi=2^\circ, 4^\circ, 6^\circ$ である。計測風速は、 $Vr=1.5 \sim 4.0$ （ $=V/(f \cdot B)$; f :加振振動数）とした。

非定常圧力の評価は、強制加振時の加振振動数成分についてのみ行い、スペクトル解析により、変動圧力係数、振動変位と圧力の位相差を求めた。

実験に用いた風洞は、住友重機械工業㈱平塚研究所のエッフェル型風洞（測定高さ2m、幅員1.5m、長さ20m）である。

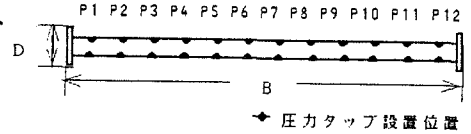


図1 供試模型

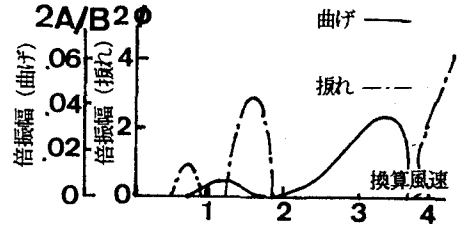


図2 応答図

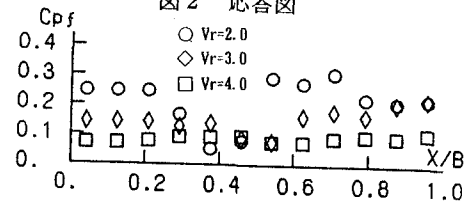
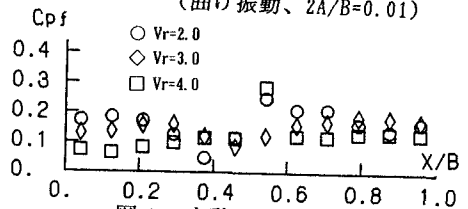
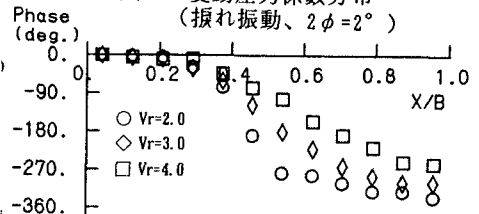
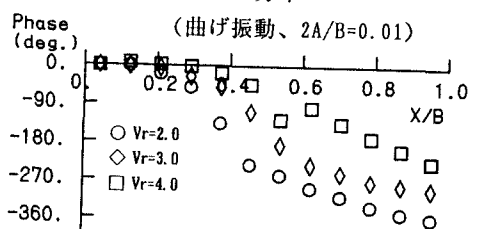
図3 変動圧力係数分布
(曲げ振動、 $2A/B=0.01$)図4 変動圧力係数分布
(振れ振動、 $2\phi=2^\circ$)

図5 位相差分布

図6 位相差分布
(振れ振動、 $2\phi=2^\circ$)

3. 実験結果

変動圧力係数と振動モードの関係について 図3、図4は、曲げ振動並びに捩れ振動時の変動圧力係数の分布図の一例を示したものであり、分布形状の風速による変化は、振動モードの違いに拘らず同じ傾向を示している。すなわち、低風速 ($V_r=2.0$) において凹凸の分布形状がはっきりしていたものが、風速の増加に連れて凹部が下流に移動し、分布形状も徐々に平坦になってきている。このことは、振幅が変化した場合においても同じ傾向である。また、変動圧力係数分布の凹部の点については、以前の検討⁴⁾において示したように剥離渦が再付着する点であることを考えれば、表面上の剥離渦の配置は、振動モードに関係なく同じであると言えよう。

位相差と振動モードの関係について 図5、図6は、曲げ振動並びに捩れ振動時の位相差分布の一例を示したものである。位相差は、断面上に形成されたせん断流れが評価できるように、前縁側との位相差で定義した。値は、若干大小があるが、風速による変化は、振動モードの違いに拘らず同じ傾向を示している。

また、位相差は剥離渦の流下速度 V_f (接近流速の60%) にて整理した場合、図7に示すようにほぼ1本の曲線上にプロットされ、振幅を変化させた場合も同様である。このことより、位相差は、剥離渦の流下速度を以て表現すれば、振動モード、振動振幅、風速に拘らず一意に決定可能であると考えられる。以上のことは、「非定常圧力の位相差は、剥離渦の流下速度により、1つの曲線で表現できる。」⁴⁾ ことの裏付けとなるものである。

位相差からの振動モードの推定 図7において、横軸 ($X \cdot f / V_f$) は、 $X=B$ を代入することにより、換算風速の逆数 ($1/V_r$) となる。その点における位相差は各換算風速の模型前縁側と後縁側の位相差を表すものであり、その位相差より剥離渦のフローパターンを求めたもの¹⁾ を図8に示す。これを、図2に示す応答図と対応させた場合、曲げ及び捩れ振動の発生風速域が比較的良好一致をしている。従って、非定常圧力の位相差を用いることにより、応答の発生風速の推定が可能となると考えられる。

4. まとめ 今回は、偏平H型断面柱を用い、風速域 ($V_r=1.5 \sim 4.0$) において、異なる振動モードを与えた場合の非定常圧力の挙動について考察を行った。その結果をまとめると次のようになる。

①変動圧力係数並びに位相差分布・・・同じ風速であれば、特性は振動モードに拘らず同じ傾向を示す。

②位相差分布から剥離渦のフローパターンを推定することにより、応答予測が可能となる。

今後の課題としては、剥離せん断層の挙動に着目し、変動圧力係数並びに位相差の定量的評価を行い、流れ場と空気力の対応を図って行きたい。

謝辞 九州工業大学工学部助教授久保喜延先生に貴重な助言を頂きました。記して謝意を表します。

参考文献 1)久保他、"偏平H型断面柱の非定常表面圧力分布特性"、第8回風工学シンポジウム論文集、1984

2)久保他、"偏平構造断面柱の剥離せん断層特性"、土木学会第44回年講、1989 3)久保他、"流れの可視化による構造断面柱の表面流れに関する考察"、土木学会第45回年講、1990 4)久保他、"曲げ渦励振域における偏平H型断面柱の非定常表面圧力関数化のための基礎的研究"、第10回風工学シンポジウム論文集、1988

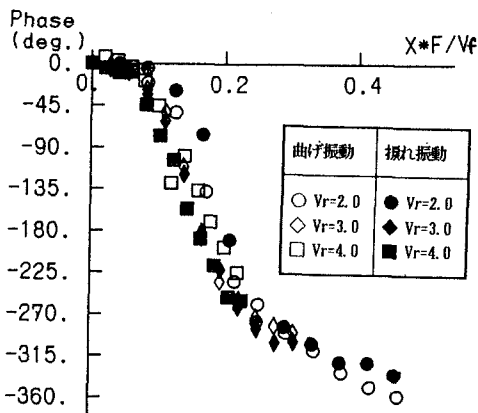


図7 流下速度を考慮した位相差分布

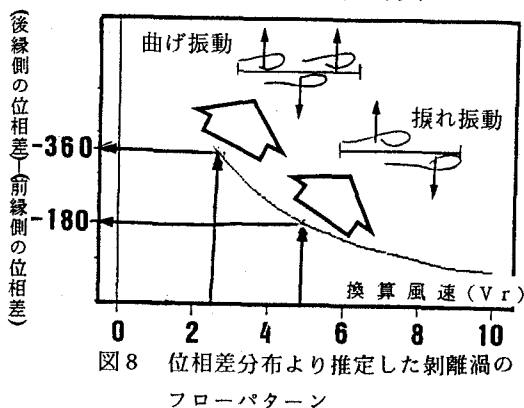


図8 位相差分布より推定した剥離渦のフローパターン