

## 構造断面柱の表面圧力分布特性

九州工業大学 正 員○久保喜延, 正 員 加藤九州男  
九州工業大学 学生員 平田鋼三, 学生員 篠原隆浩

1. まえがき 構造物の空力弾性振動は、その発生原因と考えられている種々の現象に対応して、渦励振、フラッター、ギャロッピング等と種々の名称で呼ばれているが、これらは全く異なる現象なのであるうか。特に曲げ振動とねじり振動の発生メカニズムの違いは何であるうか。何故、低風速で発生した振動が風速を増加すると消滅し、高い風速域になると、再び発生するのであるうか。このような振動が発生し始める風速を推定することはできないのであろうか。我々は、これらの疑問を解明するために、曲げ振動とねじり振動とが生じる偏平H型断面柱を橋梁断面の例として取り上げ、自由振動実験において応答時の非定常表面圧力の測定を行ってきた。その際、非定常表面圧力の位相差分布から渦の配置パターンを予測する方法を考案した。それによって得た渦の配置と応答との関係は図2のようになる。渦が物体表面上で巻き込みを生じた時その巻き込みが生じた位置に負圧が生じると考えると、渦の配置パターンが分かり、物体に作用する力の分布が分かることになる。その力の分布が回転中心に対して点対称の位置になっていると、回転中心に関して回転モーメントを形成し、空力弾性振動は捩れ振動となる。また、渦が断面の中心線に対して面対称な位置に生じると、物体の中心に関する回転モーメントの成分は消え、上下方向の振動を誘起するいわば揚力変動となって曲げ振動が生じることになる。これらのことから、図2に示しているように低風速域で生じる振動も高風速域で生じる振動も、またたわみ振動や捩り振動も全て物体表面上を流下する渦の流下パターンの差による現象であることがわかる。以上の結果は自由振動法による応答時の非定常表面圧力の測定結果から得られたものである。本研究では、上記の結果を更に詳細に検討するために、物体を一定の振幅で振動させる強制振動法によって非定常表面圧力の測定を行い、非定常圧力の変位に対する位相特性から物体表面上における渦分布状態を流速との対応で把握することを試みている。

2. 無風時における非定常圧力位相 フランジ高Dがウェブ長Bの10%断面(H-10-10)について強制捩り振動により、無風時における非定常圧力の変位に対する位相差を測定した結果が、図3である。これによると、フランジに近い測点1では $-80^\circ$ 程度で、回転中心に向かって僅かながらではあるが、位相遅れが大きくなり、回転中心付近の測点4では $-100^\circ$ 程度となっている。これはフランジ近傍では表面上の気流が動き難いのにに対して、回転中心付近では気流が動き易い状態になるためと考えられる。これに対して、物体から離れた位置で圧力孔のみを振動させたときの位相差がほぼ $-80^\circ$ となっているた

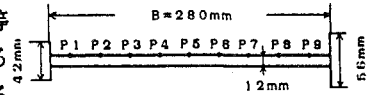


図1 供試模型

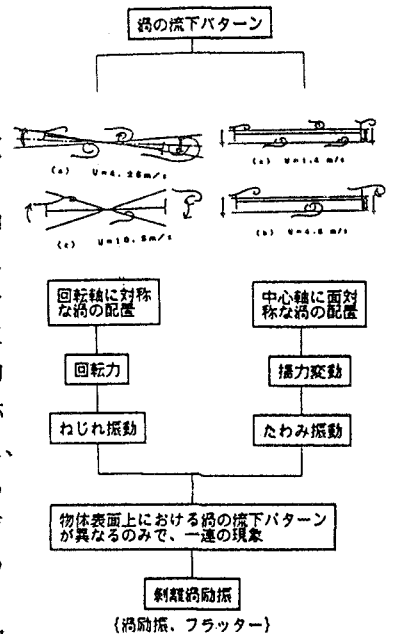


図2 空力弾性振動と剥離渦分布

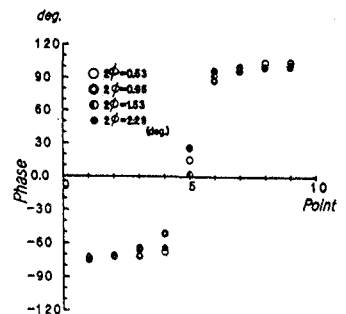


図3 無風時の圧力位相差分布

ら離れた位置で圧力孔のみを振動させたときの位相差がほぼ $-80^\circ$ となっているため、測点1での位相遅れが圧力のチューブ内を伝播するのに要する位相遅れで、他の測点での位相遅れは、チューブ内の位相遅れと無風時における圧力の位相遅れとが加わった形になっているものと考えられる。なお、測定結果からも分かるように、この無風時の圧力位相の振幅に対する依存性はほとんど見受けられない。

3. 風速に対する非定常圧力特性 図4, 5は強制振動振幅 $2\phi=0.53^\circ$ における風速の変化に対するH-10-10の表面非定常圧力位相差の測定結果を示したものである。これらのうち、換算風速 $V_r=0.5, 1.25, 2.25$ における位相差から表面渦の配置を推定したのが図6である。風速の上昇とともに、渦間距離が大きくなり、前縁で剝離した渦が、物体表面上をそれだけ早く流れ去っていることが分かる。特に、応答結果との対応を見ると、 $V_r=2.25$ では振り振動は生じないで、たわみ振動が生じており、剝離渦分布もたわみ振動が生じ易いパターンになっているはずである。興味深いのは、振り振動を強制的に起こさせているにも拘らず、図6に見るように断面の中心に対して面対称的な配置の渦分布となっていることである。このことは、剝離渦の流下パターンは強制振動モードに関与しておらず、渦の流下速度によって形成されるものであることを示しているともいえる。すなわち、各測点における表面非定常圧力位相分布の表現法として前縁から各測点までの距離を横軸に用いる代わりに、この距離を渦の流下速度で割ったいわば渦の前縁から各測点への到達時間で表わすと風速毎に測定された圧力位相は一本の曲線上に並ぶはずである。その様子を示したのが、図7である。この図の場合、渦の流下速度としては風洞風速を用いている。低風速域では期待された曲線から僅かに外れているが、これは渦の流下速度の推定際して、物体の運動をも考慮した相対速度のようなものを考慮する必要があることを示しているものと考えられる。

図8は各測点の圧力の絶対値を圧力係数の形で示したものである。低風速域では、測点2および測点5あたりで極端に小さい値を持ち、測点4あたりで極端に大きな値となっている。これは、前縁で剝離した渦の再付着および再剝離によるものと考えられる。しかし、高風速域ではこのことが顕著に現れておらず、圧力の絶対値の分布と剝離渦に関しては更に詳細な検討が必要である。

4. まとめ 以上をまとめると、①種々の空力弾性振動は、前縁から剝離した渦の流下パターンの差として現れる現象であると思えることができる。②非定常表面圧力の位相特性は前縁側から剝離した渦の流下速度を考慮すると、異なる風速域の位相を同一の曲線で表わすことができる。③圧力の絶対値と剝離渦との関係についてはさらに詳細な検討が必要である。

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8,9回風工学シンポジウム論文集、  
2)久保他、"偏平H-型断面柱の空力弾性応答……"、第40,41回土木学会年集（1985,86）

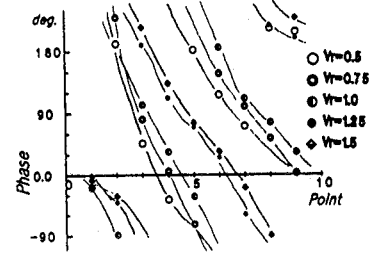


図4 風速に対する位相差分布

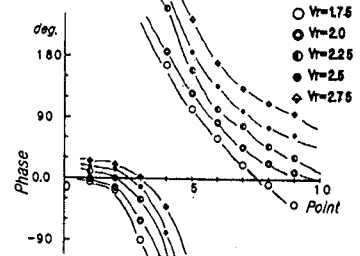


図5 風速に対する位相差分布

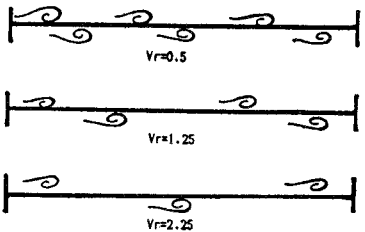


図6 圧力位相差から推定した渦分布

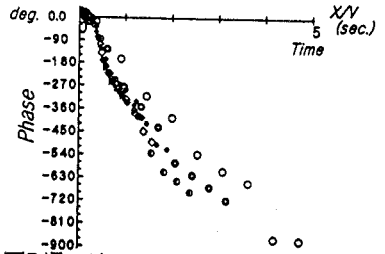


図7 渦の流下速度を考慮した位相差

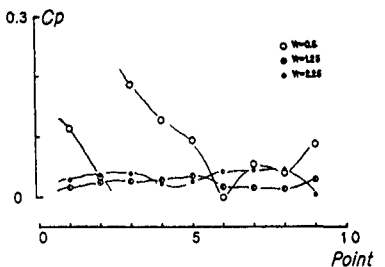


図8 非定常表面圧力の絶対値分布