

I-217 回転中心の移動による矩形断面柱の応答特性

日立造船 正員 ○三河克己
 （研究当時、九州工業大学大学院生）
 九州工業大学 正員 久保喜延
 九州工業大学 学生員 廣中忠孝

1. まえがき 橋梁断面に生じる空力弾性振動の発生メカニ

ズムの解明のため筆者等は、H型および矩形断面を用いて実験を行い、物体の前縁より剥離したせん断層が作るフローパターンが風速の増加とともに変化し、力の作用点が移動することで、橋梁断面に生じるたわみ振動および捩れ振動が発生することを導いている¹⁾。これまでの研究では、捩れ中心を断面中心に設けて行っていたが、捩れ1自由度応答実験において、捩れ中心を断面中心から上下流に偏心させた場合、励振現象がどのように変化するか、その起因となる物体表面上の流れとどのような関係にあるのかを調べることにした。

2. 実験方法 実験には、測定部断面が1070mm×1070mmである空力弾性試験用風洞を使用した。供試体は、 $B/D=6$ （断面幅： $B=300$ mm，断面高： $D=50$ mm）の矩形断面柱に圧力測定用の圧力孔を上面に10個設けたものを使用した。応答実験は、捩れ1自由度系およびたわみ1自由度系で行なった。捩れ1自由度系の実験に関しては、図1に示すように、支持点を①（これを実験①とする）、②、③、④、⑤点と移動させ、模型が水平に設置できるようにカウンターウェイトでバランスをとり、極慣性モーメントが変わらないようにした。なお、実験は表1の条件で行った。非常圧力測定は各振動応答に対して振幅が最大となる風速で行った。

3. 実験結果と考察 実験③のたわみ1自由度および捩れ1自由度振動応答を換算風速（ $V_r=V/fD$ ）に対して表現したものを図2に示す。この模型の共振風速は $V_{cr}=12$ 付近であり、 V_{cr} の1/2倍，2/3倍，1倍，2倍の風速でそれぞれたわみ渦励振、捩れ渦励振、たわみ渦励振、捩れフラッターが交互に発現している。そこで、応答が出現している風速域において圧力測定より求めた振動変位と非常圧力波形の位相差特性を前縁からの無次元距離（ X/B ）に対して示したものを図3に示す。この分布図より、前縁剥離渦が後縁に達するまでに、 $V_r=6.68$ では1.5周期（ 540° ）、 $V_r=13.7$ では1周期（ 360° ）、 $V_r=28.9$ では0.5周期（ 180° ）要していることが分かる。そこで、剥離渦のフローパターンを推定すると、図4のようになる。また、同じ断面比をもつ矩形断面柱を用い、対応する風速域で流れの可視化実験を行った結果を写真1に示す。剥離渦が存在する

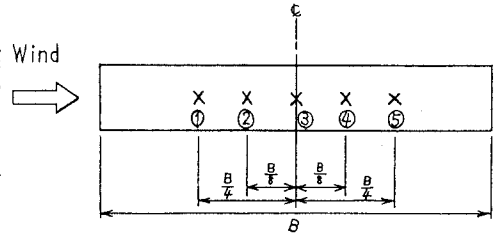


図1 供試体断面図と捩れ中心位置

表1 実験条件

たわみ振動系		
質量(kgf)	振動数(Hz)	構造減衰率(δ)
2.2	4.081	0.005082
捩れ振動系		
極慣性モーメント(kgf・m)	振動数(Hz)	構造減衰率(δ)
0.015559	3.593	0.008599

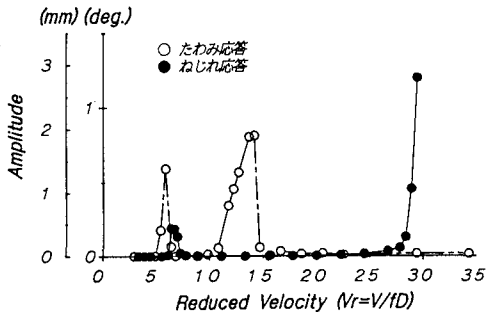


図2 空力弾性振動応答

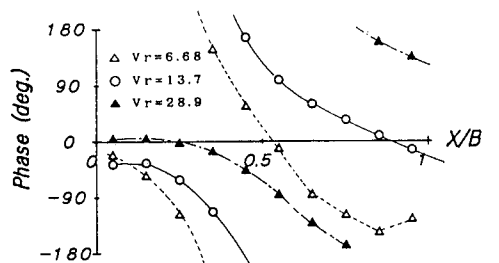


図3 位相差分布

ところで最大の負圧が働くと考え、圧力の分布が分かり、 $Vr=6.68$ 、 28.9 では断面中心に関して点対称に分布して回転モーメントを形成し振れ振動が、 $Vr=13.7$ では断面中心鉛直線に関して非対称に分布して揚力を形成し、たわみ振動が起り易い状態となっており、それらはこれまでに報告しているように図2の各振動モードに対応していることが分かる。

次に、振れ中心を偏心させた応答実験の結果を図5に示す。剥離渦のフローパターンをふまえて考察すると、振れ渦励振は実験①、②、③で出現風速域が変化していないことから、振れ中心を変えてもフローパターンは変化しないと考えられる。また、振れ中心を上流側に移動させると、渦励振の振幅が大きくなること、実験④、⑤で応答が出現しなかったことについては、前縁側の渦よりも後縁側の渦の方が振動を励起するエネルギーが大きく支配的であると考えられる。実験①、②では、図4(a)の(iii)、(iv)の剥離渦と支承点までの距離が長くなり、作用するモーメントが大きくなることで渦励振の振幅が増大する。これらのうち実験①の方は、図4(a)の(ii)の渦が(iii)の渦を打ち消すような働きをしているため、実験②よりも振幅が小さくなっていると考えられる。実験④、⑤では逆に支承点までの距離が短くなり、作用するモーメントが小さくなるため実験④では振れ渦励振を、実験⑤では振れ渦励振およびフラッターを励起するまでに至らなかったと考えられる。また、振れ中心が上流側に移るに従い、フラッターの発振風速が低くなるのは、前縁の振動速度と流体の速度とで形成される相対速度によって剥離の条件が決められるためであると考えられる。すなわち、回転中心が上流側にある場合は前縁の振動速度が下流側にある場合より遅いため低い風速で振動を励起する剥離が生じていると考えられる。実験①、②、③の $Vr=28.9$ での位相差分布は図6であるが、ほとんど変化が無いことから同じ風速ではフローパターンは変化しないと考えられる。従って、同一の風速で得られた応答中の位相差分布が同じであるということは、応答振幅に上述の相対速度に対応した差が生じているということになる。

4.まとめ 振れ中心を偏心させることによって、応答がどのように変わるかということ、剥離渦の挙動との対応で考察を行ってきた。

その結果、応答を励起するのは前縁側よりも後縁側の渦の方が重要な役割をしていること、および、前縁の振動速度と流体の速度とで形成される相対速度が振動を励起する条件となっているのではないかと知見を得た。

5.参考文献 1)久保, 三河, 安田: 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回年次学術講演会概要集

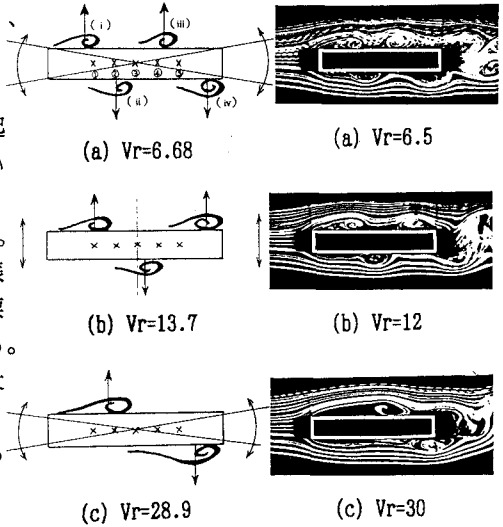


図4 位相差より求めた フローパターン 写真1 可視化写真

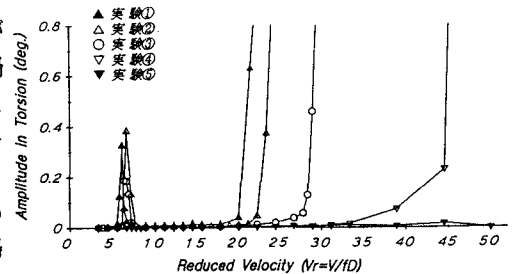


図5 振れ中心の変化による応答特性

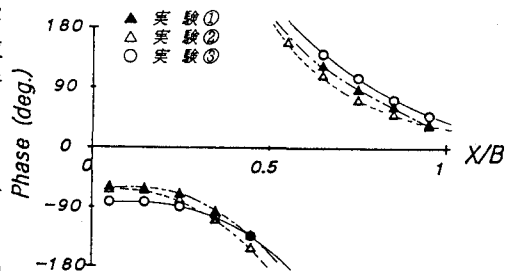


図6 $Vr=28.9$ の位相差分布