

偏平H型断面柱の空力振動発生メカニズムに関する一考察

住友重機械工業(株) 正員○平田鋼三  
九州工業大学 正員 久保喜延

1. はじめに 気流中における構造物の空力弾性振動の発生機構を解明し、それを考慮に入れての空気力及び応答量の推定を行うことを目的として、著者等は、偏平構造断面柱を用いて検討を行ってきた。その結果、流れの可視化と振動応答の対応により、曲げ振動及び捩れ振動等の空力振動は、断面表面に形成される剥離渦のローターの違いにより発生するという知見を得た<sup>1)</sup>。また、偏平H型断面柱B/D=10については非定常圧力と振動変位との位相差の検討を通して、剥離渦の流下速度(接近流速の60%)を用いることにより、位相差は振動モードおよび振動振幅、風速に拘らず表現できることが判明した<sup>2)</sup>。このことより、偏平構造断面柱の空力振動発生メカニズムが、剥離渦の挙動から説明可能であると考えられた。

本研究では、他の辺長比の偏平H型断面柱の空力振動発生メカニズムの解明を行うために、辺長比(B/D=10, 8, 5)の違いによる非定常圧力の位相差と振動応答を対応させた検討を行った。

2. 実験方法 実験に用いた模型は、B(断面幅)×D(断面高さ)=240×24~240×48(mm)なる断面で、1100(mm)の長さを持つ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。

実験では、応答計測と非定常圧力計測を行った。応答計測は、B/D=8, 5の断面についてのみ実施し、捩れ及び曲げの1自由度系で行った。但し、B/D=10断面の振動応答は、文献1)に示す。応答計測の振動諸元は、重量W=9.057kg、極慣性モーメントI=0.01805kgfm、曲げ振動数 $f\eta=2.721\text{Hz}$ 、捩れ振動数 $f\phi=5.621\text{Hz}$ である。構造減衰率はそれぞれ $\delta\eta=0.005$ 、 $\delta\phi=0.003$ である。非定常圧力計測は強制加振法を採用し、曲げ加振及び捩れ加振状態で行った。加振振幅は、曲げ加振状態では、 $2A/B=0.02, 0.04$ 、捩れ加振状態では、 $2\phi=2^\circ, 4^\circ$ である。計測風速は、 $V_r=2.0\sim 5.0$ ( $=V/(fB)$ )とした。実験に用いた風洞は、住友重機械工業(株)平塚研究所のI型風洞(測定高さ2m、幅1.5m、長さ20m)である。

3. 実験結果及び考察

振動応答について 図1、図2は、B/D=8及びB/D=5の断面における振動応答を示したものである。風速軸は、捩れ及び曲げ振動のそれぞれの振動数で無次元化した換算風速を用いている。これらによると、風速の増加につれて、曲げ振動と捩れ振動が交互に発生しており、B/D=10の断面における振動応答と同じ応答発生傾向を示していることがわかる。

位相差と断面形状について 図3、図4は、B/D=8, 5の断面での非定常圧力と振動変位の位相差分布を示したものである。断面形状に拘らず風速の増加につれて、位相遅れが小さくなっている。そこで、B/D=10断面と同様に剥離渦の流下速度(接近流速の60%)を用い、位相差分布を表現すると図5, 6のようになる。これらはB/D=10(図7)

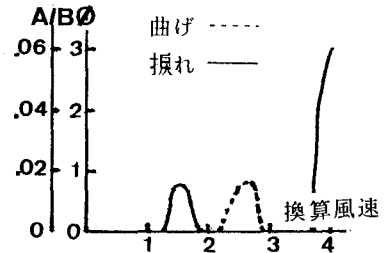


図1 応答図(B/D=8)

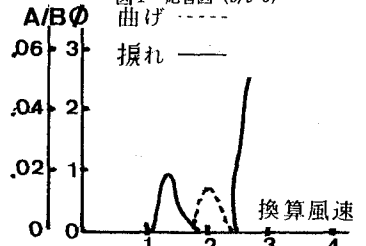


図2 応答図(B/D=5)

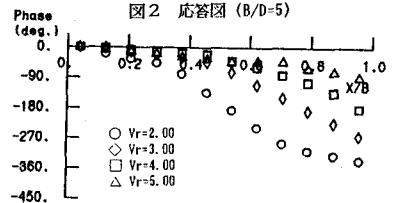


図3 位相差分布(B/D=8, 曲げ振動)

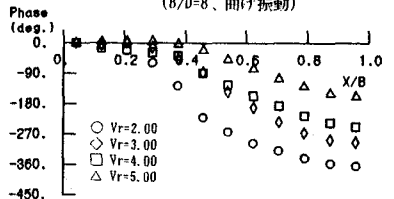


図4 位相差分布(B/D=5, 曲げ振動)

と同じように、振動モードに拘らずほぼ同一の曲線上にプロットされている。

また、各断面における前縁と後縁の位相差は図8、図9に示すようになり、 $B/D$ が小さくなるに従い、換算風速増加に伴い、前縁側と後縁側の位相差が小さくなっている。このことは、位相差から推定した剥離渦の流下パターンを考え合わせた場合、同じ振動モードの振動応答が $B/D$ の増加につれて、低風速で発生することを表しており、図1、図2の振動応答の発生傾向と一致している。

空力振動発生メカニズムについて 剥離渦の流下を考慮した位相差分布及び振動応答の検討より、 $B/D=8, 5$ の空力振動は、 $B/D=10$ と同様に図10に示すように表面を流下する剥離渦のフローパターンの違いにより発生していることが指摘できた。

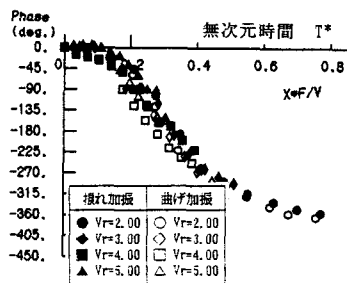


図5 流下速度を考慮した位相差分布 ( $B/D=8$ )

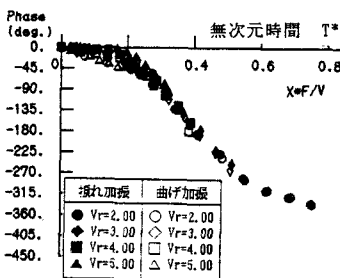


図6 流下速度を考慮した位相差分布 ( $B/D=5$ )

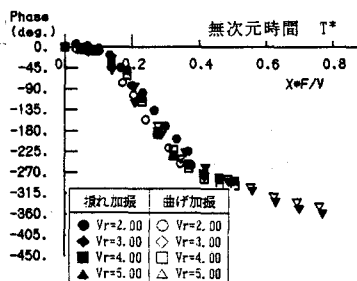


図7 流下速度を考慮した位相差分布 ( $B/D=10$ )

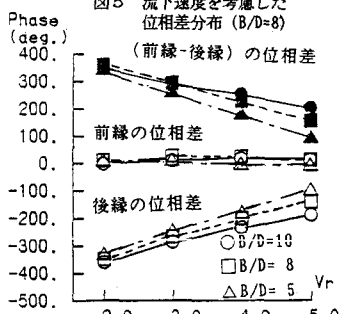


図8 前縁と後縁の位相差 (揺れ振動)

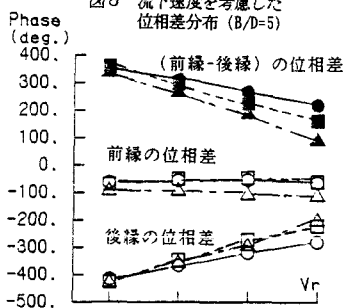


図9 前縁と後縁の位相差 (曲げ振動)

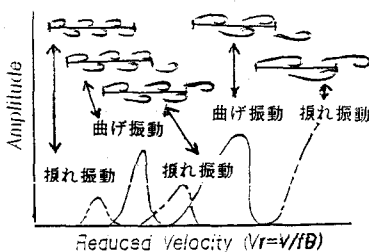


図10 空力振動発生メカニズム

4. まとめ H型断面 $B/D=8$ 及び $B/D=5$ に対する振動応答と非定常圧力の検討により、以下のことが明らかとなった。

- ① 振動応答は、 $B/D=10$ 断面と同様に風速の増加に伴い、揺れ振動、曲げ振動が交互に発生する。
- ② 非定常圧力の位相差は、剥離渦の流下速度を考慮することにより、同一の曲線で表現できる。
- ③ ①②より、空力振動発生メカニズムは、 $B/D=10$ 断面と同じであると考えられる。

今後は、同一形状の箱型断面を対象として、非定常圧力の位相差に着目し、空力振動の発生メカニズムを検討していく予定である。

参考文献 1) Y. Kubo, et al, "Mechanism of Aerodynamic Vibration of shallow Bridge Girder Section", ICWE, 1991. 7. 2) 平田等、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、土木学会第46回年次学術講演会概要集、1991. 9.