

## 静止あるいは振動する偏平H形断面柱まわりの流れの観察

中村, 泰治  
九州大学応用力学研究所 : 教授

中島, 正道  
九州大学大学院工学研究科 : 修士課程土木工学専攻

渡辺, 公彦  
九州大学応用力学研究所 : 技官

<https://doi.org/10.15017/4743723>

---

出版情報 : 応用力学研究所所報. 60, pp. 53-58, 1984-09. 九州大学応用力学研究所  
バージョン :  
権利関係 :



## 静止あるいは振動する偏平H形断面柱 まわりの流れの観察

中村 泰治\* 中島 正道†  
渡辺 公彦‡

静止あるいは曲げ振動中の偏平H形断面柱に関し、水素気泡法を用いた水槽実験が行なわれた。偏平構造断面柱におけるエッジトーン現象の存在ならびに物体振動との相互作用が流れの可視化により明らかにされた。

### 1. はし が き

偏平構造断面柱に発生する低風速の曲げおよび振り1自由度フラッタは、エッジトーンとしてのカルマン渦励振にはかならないことが先の風洞実験<sup>1)2)</sup>により明らかにされた。本論文では、代表的な偏平構造断面柱として断面比5.0の偏平H形断面柱を取上げ、水素気泡法を用いた水槽実験によって、静止あるいは曲げ振動中の柱体周辺流の可視化を試みたのでその結果を述べる。

### 2. 実 験 装 置

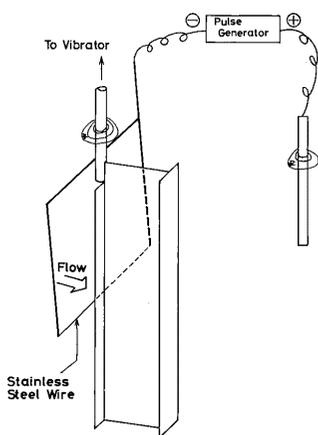


図1 実験装置の概略

深さ×幅×長さ=40 cm×40 cm×1,000 cm の水槽の中で、模型を鉛直に吊し台車により一定速度でこれを曳航する。このとき、台車に固定したカメラで静止あるいは振動する模型の中央断面まわりの流れを撮影する。図1に示すように、模型は床板と桁よりなる断面比5.0の真鍮製H形断面柱であり、床板の弦長と桁の高さは、それぞれ、 $d=4$  cm および  $h=0.8$  cm、それらの厚さは2 mm と1 mm である。模型の長さは38 cm である。曳航台車には加振装置が取付けられ、それにより模型に曲げ振動を与えることができる。このとき振動の周期と振幅は自由にかえることができる。

本実験では模型の曳航速度は  $V=4$  cm  $s^{-1}$  の一定値と

\* 九州大学教授，応用力学研究所

† 九州大学工学研究科修士課程（土木工学専攻）

‡ 文部技官，九州大学応用力学研究所

し、曲げ振動として片振幅を  $1.5 \text{ mm}$  ( $=0.188 h$ ) の一定値および周期  $T=0.8\sim 2.50 \text{ s}$  が与えられた。流れの可視化は水素気泡法による。模型の振動変位は加振装置の板ばねに貼った歪ゲージによって求められ、振動変位とカメラのシャッターパルスと同時にペン書きオシロに記録した。カメラのシャッター速度は  $1/60 \text{ s}$  であった。弦長  $d$  を基準にしたレイノルズ数を求めるといずれの場合も約  $1220$  となった。この値は対応する風洞実験<sup>1)2)</sup> ( $(0.2\sim 4)\times 10^5$ ) に比べると著しく低い。なお、実験では模型後方に長さ  $16 \text{ cm}$  ( $=4d$ ) のスプリッタ板を挿入した場合の流れの観察も行なわれた。その実験条件は他の場合の全く同一であった。

### 3. 実験結果

図2に静止模型のまわりの流れを示す。まずわかることは、模型後方に規則的なカルマン渦の形成が

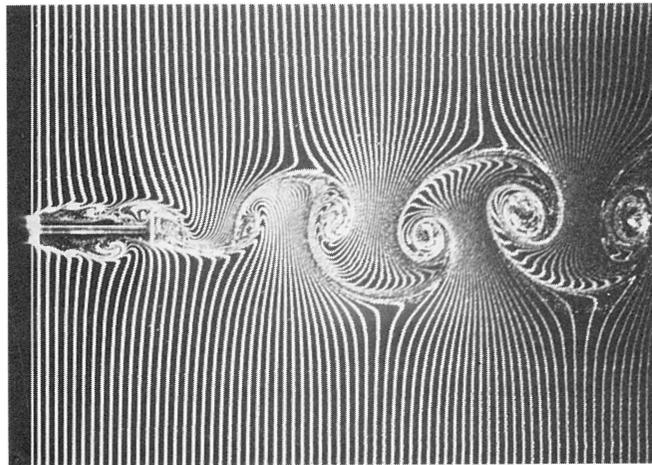


図2 流れの中に静止した 1:5 H断面柱,  $V=4 \text{ cm/s}$ ,  $T_0=1.86 \text{ s}$

みられることである。その周期を写真より求めると  $T_0=1.86 \text{ s}$  であった。これよりストローハル数  $S_f(d) = d/(T_0 V)$  を求めると  $S_f(d)=0.55$  となって、レイノルズ数の大きい違いにもかかわらず、先の風洞実験の結果<sup>1)</sup> とよく一致する。つぎに注目すべきことは、前縁で剝離した剪断層が模型後方でカルマン渦として渦巻く前に、後縁直前で渦巻いてこれを乗り越える(クリップ)ことである。すなわち、模型上下面でエッジトーンとしての剪断層の発振現象<sup>3)</sup> があり、これがカルマン渦の形成に先行することがわかる。

図3は模型後方にスプリッタ板を挿入した例である。この場合、スプリッタ板の上下面にはほぼ対称に渦の配列がみられることは興味深い。すなわち、板の挿入により上下の剪断層の干渉が断たれるのでカルマン渦の形成はないが、なお、渦が後縁を周期的にクリップする現象としてエッジトーンが残る。しかも上下のエッジトーンの形成は互いに独立である。測定によると、その周期はスプリッタ板のない図2の場合とほぼ同一であった。ただし図3にみえるパターンは図2の場合ほぼ規則的でなく、時々規則性のくずれることのあることを付記したい。

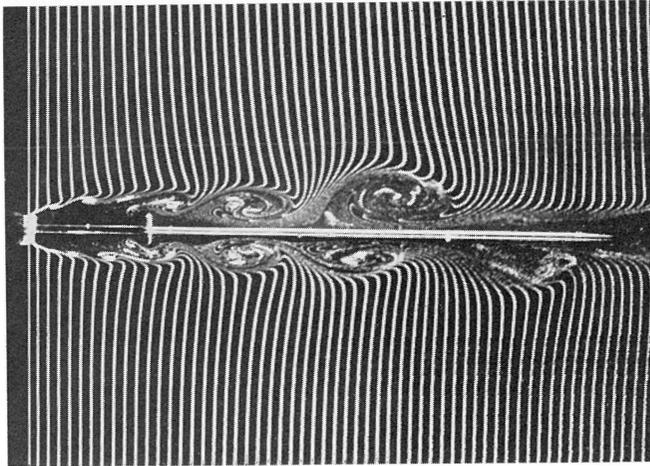
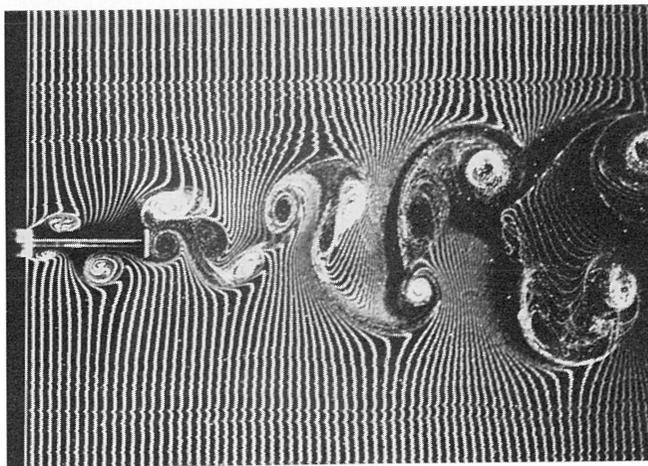
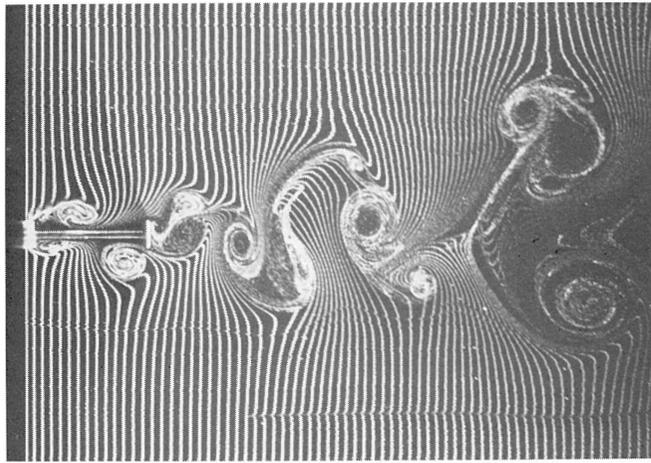


図3 静止 1:5 H断面柱, スプリッタ板 (長さ  $4d$ ) 挿入

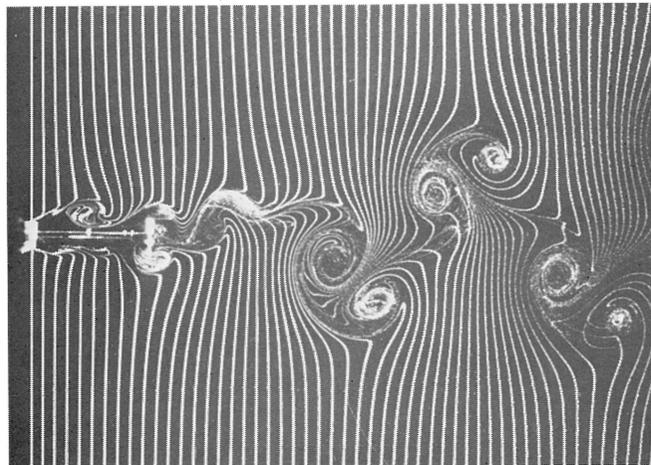
図4(a)~(c)は、共振周期  $T_0=1.86$  s の前後で物体に曲げ振動を与えた場合の流れの変化を示す。図はいずれも振動の下死点における流れをあらわす。振動柱体では振動によって生じた前縁剥離渦がよくみえる。この前縁剥離渦により柱体に振動揚力の発生することは、小松・小林<sup>4)</sup>の既に示したとおりである。図4(a)をみると、上面の前縁剥離渦が丁度後縁をクリップした状態になっているが、このとき同時に下面の後縁に2次渦が誘起されている<sup>5)</sup>。このため下流では、上下の渦がそれぞれ1対のキノコ状のものとなっている。このようなパターンは円柱の流れなどでは観察されず、偏平構造断面柱に特有のものと考えられる。また、あまり明瞭でないが後縁2次渦は図2の静止柱体にもみられる。共振周期近傍で振動周期を次第にますと、前縁剥離渦の上下面上の位置が大きくなる。このことは、柱体に作用する励振力の大きい変化に対応するものと考えられる<sup>4)</sup>。



(a)



(b)



(c)

図4 曲げ振動する 1:5 H断面柱, 写真は振動の下死点における瞬間の流れを示す

(a)  $T=1.73$  s

(b)  $T=1.86$  s

(c)  $T=2.50$  s

図5は、図4(a)と同じ振動状況でスプリッタ板を挿入したときの流れを示す。図4(a)と図5を比較して注目すべきことは、柱体後方の流れが大きく異なるにもかかわらず、柱体面上の流れがほとんどかわらないことである。このことは、扁平構造断面柱の渦励振がスプリッタ板の有無にほとんどよらないという風洞実験の結果<sup>1)2)</sup>に符号する。なお、図4(a)でみられた後縁2次渦は図5でみられない。すなわち、後縁2次渦の渦励振に与える影響は小さいと考えてよい。

図6(a)と図6(b)は、共振周期  $T_0$  ( $=1.86$  s) の約1/2の周期で振動させた場合の流れを示し、風洞実験における第1高調波の励振<sup>1)2)</sup>に対応するものである。柱体周辺の流れは、この場合もスプリ

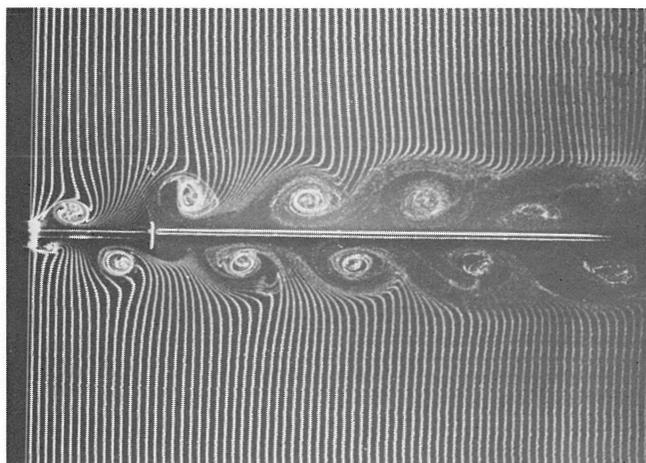
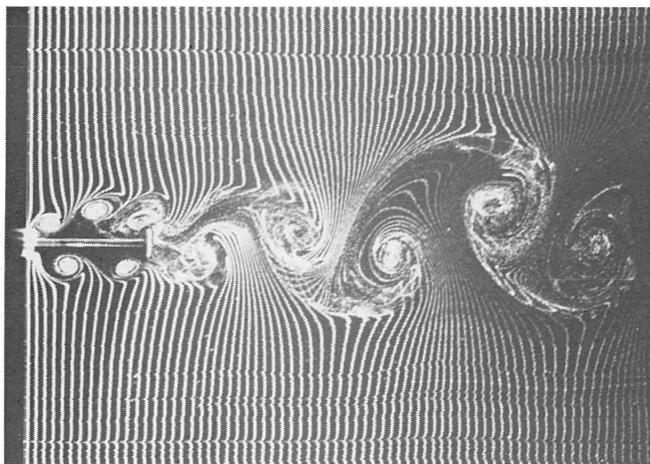


図5 曲げ振動する 1:5 H断面柱,  $T=1.73$  s, スプリッタ板挿入, 写真は振動の下死点における瞬間の流れを示す.

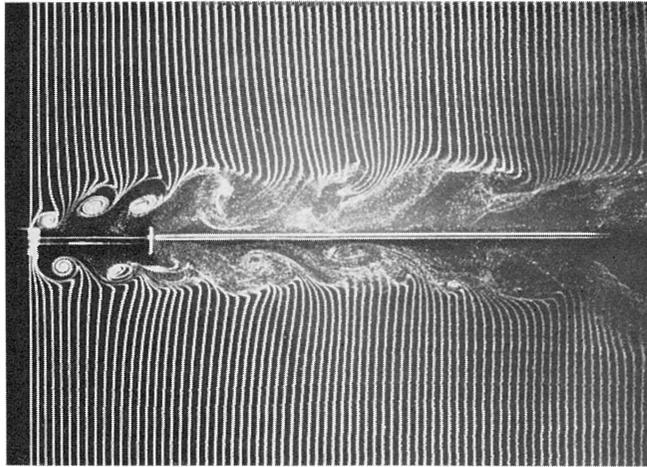
ッタ板の有無によって変化しない. なお図6(a)で興味あることは, 柱体が  $(1/2) T_0$  の周期で振動するにもかかわらず, その下流では振動の影響がただちに消えて, 非振動時の周期  $T_0$  のカルマン渦に復帰することである.

#### 4. 結 論

断面比 5.0 の偏平H形断面柱のまわりの流れを, 水素気泡法を用いた水槽実験により可視化し, 偏平構造断面柱に発生する剪断層の発振現象—エッジトーン—の構造を明らかにすることができた. レイノルズ数に大きい相違があるにもかかわらず, 水槽実験における流れの観察は, 風洞実験における渦励振応答の結果によく対応する.



(a)



(b)

図6 曲げ振動する 1:5 H断面柱,  $T=0.86\text{ s}$  ( $\doteq 1/2 T_0$ ),  
写真は振動の下死点における瞬間の流れを示す

(a) スプリッタ板なし

(b) スプリッタ板挿入

おわりに、岡部淳一先生より賜った永年の御指導に深謝するとともに、先生の一層の御健勝を祈るものである。また、水素気泡法について計測流体力学部門石井幸治技官より多くの助言を得た。ここに記して謝意を表す。

#### 参 考 文 献

- 1) 中村泰治, 中島正道, 渡辺公彦: 偏平な構造断面柱の渦励振—曲げ振動—, 九州大学応用力学研究所所報, 第59号, 1983, 67-78.
- 2) 中村泰治, 中島正道, 渡辺公彦: 偏平構造断面柱の渦励振—振り振動—, 九州大学応用力学研究所所報, 第60号, 1984, 45-52.
- 3) Rockwell, D. and Naudascher, E.: *Review-Self-sustaining oscillations of flow past cavities*, J. Fluids Engineering, ASME, vol. 100, 1978, 152-165.
- 4) Komatsu, S. and Kobayashi, H.: *Vortex-induced oscillation of bluff cylinders*, J. Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol. 6, Nos. 3+4, 1980, 335-362.
- 5) 白石成人, 松本勝: 充腹構造断面の渦励振応答特性に関する研究, 土木学会論文報告集, 第322号, 1982, 37-50.

(昭和59年5月31日 受理)