

九州大学 応用力学研究所 正員 溝田 武人

岡島 厚

1. はじめに

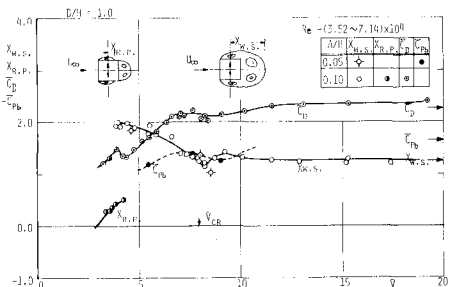
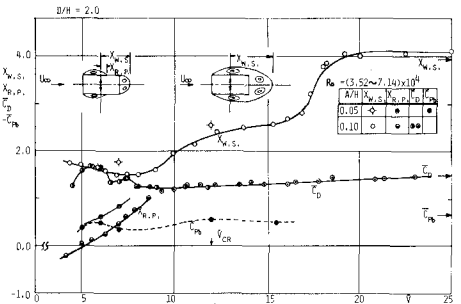
一様流中において流れと直角方向に弾性支持された角柱は断面比によって種々の流速域で空力弾性的な不安定振動が発生する。これらの現象が、角柱まわりの実際の流れとどのように関連して発生するかを探るために、強制振動させた角柱まわりの流速を測定した。そして角柱を振動させることによって、伴流よどみ点、上下面の再付着点位置が、無次元流速や加振振幅、断面比によって変化する様子を調べた。また、すでに無次元流速の変化に対する揚力や後流中の1点における流れの位相特性を報告したが¹⁾、ここでは振動する角柱まわりの流れの変動振幅および位相の分布を調べた。

2. 実験方法

実験に使用した風洞は、九大応力研のエッフェル型風洞で、測定部断面は高さ(3m)×幅(0.7m)×長さ(2m)である。供試模型は断面比1:1($H \times D = 15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$, 1.0角柱)および1:2($H \times D = 15 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$, 2.0角柱)の角柱であり、風洞幅と同じ70cmの長さを有する。流速の測定には、u成分(主流、X軸方向)およびv成分(Y軸方向)を検出できるタンデム型熱線プローブを使用する。角柱はY軸方向に片振幅 $A \sin$ 、振動数 f_H で並進振動させる。そこで流速の測定を振動する角柱に固定した動座標に乗って行うために、タンデム型熱線プローブも振幅 A 、振動数および角柱と同位相で振動させる。角柱の振動変位 $Y(t)$ と流速の非定常成分 $u(t)$ 、 $v(t)$ の信号は、-担デ-タレコ-ダに記録し、デジタル化した後、電算機によってデータ処理し流速の振幅値、 $Y(t)$ からの位相差中等を求める。無次元流速は $V = U/\Delta H$ 、加振振幅は A/H として表わす。レイノルズ数は $Re = UH/\nu$ であり、 ν は空気の動粘性係数である。

3. 実験結果

まず、図1,2に振動する1.0, 2.0角柱まわりの流れの時間平均的な性質として伴流よどみ点位置 $X_{w.s.}$ および上下面における流れの再付着点 $X_{r.p.}$ の測定結果を示す。また振動する角柱に作用する時間平均的な抗力を C_D 、角柱背面圧を C_{pb} として示す。矢印は角柱静止時のこれらの値を示す。 $X_{w.s.}$ の V に対する変化は、1.0角柱と2.0角柱では著しい違いがある。1.0角柱では、 V_{cr} (後流がととの共振流速)より低い V で $X_{w.s.}$ は増大し、 C_D は低下する。 C_D が低下する傾向は振動円柱の場合と逆である。すなわち振動円柱の場合は V の低下と共に C_D は増加する($Re = 47 \sim 275$)。また円柱では V_{cr} 付近で、 C_D がヒステリシスを伴って顕著に増加する報告もあるが角柱ではこのような現象は見られず、むしろ $1/2 V_{cr}$ 付近で局所的に増加する。一方2.0角柱では $V = 20$ 付近から V が低下するにつれて $X_{w.s.}$ は中なり急激に角柱に近づく。この範囲で C_D は緩慢に低下するが、 $V = 5 \sim 7$ では局所的に増加している。2.0角柱で、 V_{cr} 付近において $X_{w.s.}$ が小さくなることは、この角柱の振動振幅が顕著に影響していることが揚力の測定等から推定される。上下面における流れの再付着は、1.0角柱では $V \leq 4.2$ ($A/H = 0.1$)以下で発生し、2.0角柱では $V \leq 8.6$ ($A/H = 0.1$)、 $V \leq 7.5$ ($A/H = 0.05$)以下で発生している。低流速域での空力弾性的な不安定現象は、1.0角柱では $V = 4 \sim 5$ (但し $A/H = 0.075 \sim 0.15$)、2.0角柱で

図1 V に対する $X_{w.s.}$, $X_{r.p.}$, C_D , $-C_{pb}$ の変化図2 V に対する $X_{w.s.}$, $X_{r.p.}$, C_D , $-C_{pb}$ の変化

は $\nabla = 4 \sim 7$ ($A/H = 0 \sim 0.1$) で発生することを考慮すると、流れが再付着する傾向にあることが不安定現象に密接な関連を持つことがわかる。

次に、振動する角柱まわりの流れは無次元流速 ∇ を越える付近で著しい位相変化を示すことはすでに報告した。そこで次に ∇ の変化に対して場所的な位相特性がどのようになるかを調べた結果を図3, 4に示す。図は角柱の中心軸上 $Y = 0.0$ における流れの V 成分の角柱変位 $Y(t)$ に対する位相差中と R.M.S. 値 $V_{r.m.s.}$ である。1.0角柱では、 $V_{r.m.s.}$ 値は角柱の静止時に比べ、 $\nabla = 4.66$ を除いて一様に増大しており、非定常揚力の振幅値が増大することに対応している。 $A/H = 0.0$ の中は、静止角柱に作用する非定常揚力からの位相差を記入している。 ∇ が小 $\rightarrow$ 大になるにつれて中の X 方向への変化は次第に緩やかになり、位相速度が増加することを示す。角柱が空力的に安定な $\nabla = 8.0$ の中は $A/H = 0.0$ の中とほぼ同様な傾向を示すが、不安定な $\nabla = 8.52, 10.0$ では、中の分布には平坦な部分もあって、場所的に一様に変化しないことが判った。2.0角柱では、 $V_{r.m.s.}$ 値が最大値を示す位置は、角柱の振動の影響によってかなり変化し ∇ が大 $\rightarrow$ 小につれて角柱に接近する。 $\nabla = 12$ では、角柱は安定な揚力の位相も ∇ に対してあまり変化しない領域であり、位相分布は場所的にもあまり大きな差は生じていない。

最後に振動中の1.0角柱まわりの流れ線を図5, 6, 7に示す。図中、 0° DEG. , 90° DEG. は角柱の振動変位の位相を示し、 0° DEG. は角柱が上死点にあることを意味する。図5の $\nabla = 8.0$, 0° DEG. の流れ線は、静止角柱に作用する変動揚力が零を示す瞬間の流れ線と対応している。また図6の $\nabla = 8.0$, 90° DEG. の場合は同じく静止角柱に上向き最大の揚力が作用している瞬間の流れ線とほぼ対応しており、角柱が空力的に安定である流れを示す。図7は $\nabla = 8.52$, 0° DEG. で、 $\nabla = 8.0$ に較べ大きく位相が異なっていることを示す。他は紙面の都合上省略する。

文献

1) Y. NAKAMURA
T. MIKOTA
1975 ASCE J. Hydr. Engrg.
2) 溝田 1978土木学会
論文報告集 278号
3) S. TANEDA
H. HONJI
1967 Rep. Res. Inst.
Appl. Mech. Vol. XV, No. 50
4) R.E.D. BISHOP & A.Y. HASSAN, 1964 Proc. Roy. Soc. London, Ser. A, Vol. 277.

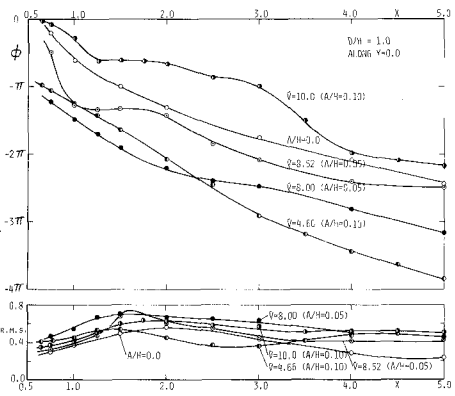


図3. 伴流中心軸上 $V_{r.m.s.}$ と位相中の分布 (1.0角柱)

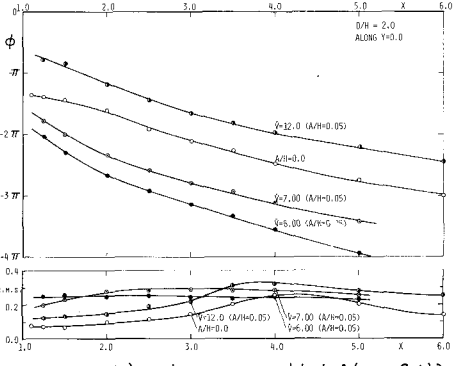


図4. 伴流中心軸上の $V_{r.m.s.}$ と位相分布 (2.0角柱)

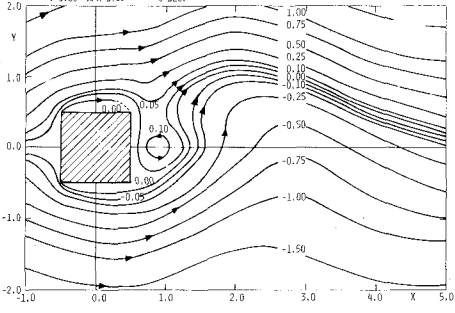


図5. $\nabla = 8.0, A/H = 0.05$ 0° の流れ線

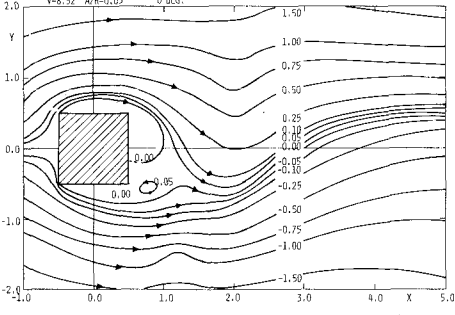


図6. $\nabla = 8.0, A/H = 0.05$ 90° の流れ線

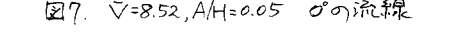


図7. $\nabla = 8.52, A/H = 0.05$ 0° の流れ線