

九州大学応用力学研究所 正員 溝田 武人 中村 泰治

1. まえがき 角柱や円柱のように、剥離を伴う流れを持つ物体の耐風安定性に関する研究が近年盛んに行われている。我々は先に断面比1:2の三次元角柱に關する、曲げ自由度の耐風挙動を自由振動法により調べた。その結果、1:2角柱には、迎角 $\alpha$ で不安定域が二箇所あり、 $\alpha$ の不安定域はほぼ $1/2\sqrt{V_c}$  ( $V_c$ は $\alpha$ の共振風速)を中心とする狭い風速域にあり、 $\alpha$ の不安定域はほぼ $V_c$ に始まり高風速のGallopingへ移ることが判った。1:2角柱が正方形角柱や円柱と異なり、 $1/2\sqrt{V_c}$ 付近に不安定域があり、 $V_c$ で典型的なうねり振動を示さないこと等の理由は現在まで明らかにはされていない。<sup>2)</sup> そこで今回は1:2角柱の二次元曲げ振動中の非定常揚力を強制振動法により測定し、後流のスペクトル解析(PSD)、及び速度変動の模型変位に対する位相差を調べた実験結果を報告する。これらの結果は低風速域で発生する不安定現象を探る一端として考えられよう。

2. 実験装置と方法 実験は、九州大学応用力学研究所加振風洞(高さ3m×幅0.7m×長さ2m)で行った。非定常揚力は、軽い発泡スチロール製の模型(高さH×幅B×長さD=15×70×30cm)を強制振動して求め、7-リエ展南して、加振振動数成分を求め、模型後流の速度変動のPSDと、加振振動数成分の位相差は熱線流速計の出力から求める。データの解析はすべて電子計算機(FACOM270-20)によった。

3. 実験結果 今、模型が $Y(t) = A \cos 2\pi f t$ で加振されているとき、非定常揚力の同周数成分 $L(t)$ を、 $L(t) = L_0 e^{i(2\pi f t + \phi)}$ と書い、 $C_L = L_0 e^{i\phi} / \frac{1}{2} \rho V^2 B D$ とすれば、 $C_L = C_{Lr} + i C_{Li}$ となる。ここで、 $C_{Lr} = C_L \cos \phi$ 、 $C_{Li} = C_L \sin \phi$ 。加振振幅A、風速Vは各々A/H、 $V = V/\sqrt{gH}$ と無次元化した。

(3-1) 非定常揚力 $|C_L|$ (図1); A/Hを小振幅から増すと、 $|C_L|$ は $1/2\sqrt{V_c}$ と $V_c$ 付近にpeak値を持ち、次第にそのpeak点は $V$ の高い方へ移動して行く。 $V_c$ 付近にpeak値を持つことは、円柱、正方形角柱と同様である。しかし小振幅で $1/2\sqrt{V_c}$ 付近にpeakが現れることが特徴である。

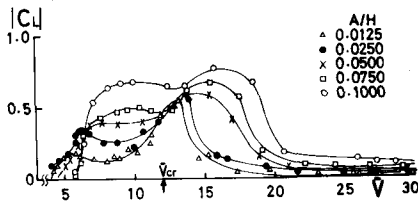


図1. 非定常揚力 $|C_L| \sim V$

(3-2) 非定常揚力の位相差 $\phi$ (図2);  $\phi$ は、 $V = 4 \sim 7$ でほぼ $0^\circ \sim 180^\circ$ 変化し、 $V = 7 \sim 13$ では、ゆるやかに変化する。その後、加振振幅に応じて急激にほぼ $180^\circ$ 変化し、 $\alpha$ の共振域へ移る。

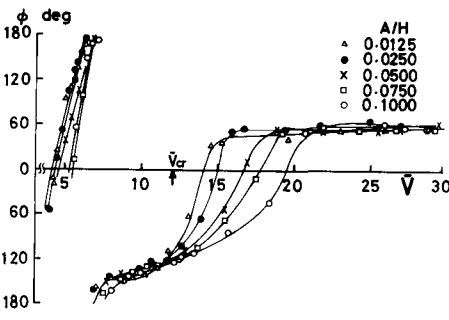


図2. 非定常揚力の位相差 $\phi \sim V$

(3-3) 非定常揚力の虚部 $C_{Li}$ (図3); 振動の安定性に關する $C_{Li}$ は、自由振動法の結果と対応して $1/2\sqrt{V_c}$ 付近の狭い風速域で正值をとる。その後、 $V_c$ をすぎると、各加振振幅に応じて $C_{Li}$ は再び正值を取る。なお文献<sup>3)</sup>に倣って、 $C_{Li}/A/H$ を準定常値( $\frac{dC_L}{dt} + C_L$ )と比較した結果 $V > 20$ では良く一致した。

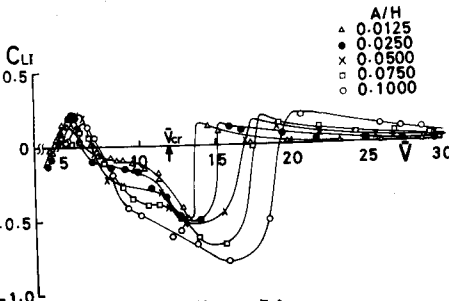


図3. 非定常揚力の虚部 $C_{Li} \sim V$

(3-4) 模型後流のPSD(図4.5.6.7); 前述のように1:2角柱は $1/2\sqrt{V_c}$ 付近で不安定である。そこで、 $A/H = 0.0125$ 、 $V = 5.53 (= 1/2\sqrt{V_c})$ のときの、後流のPSD(測定点は図6参照)の測定結果を図4に示す。図4の二箇所の大まなPeakの内 $\alpha$ のpeakがStrouhal成分に一致する振動数成分、 $\alpha$ のpeakが加振振動数成分である。加振振幅を2倍( $A/H = 0.025$ )に上げた測定結果図5では、 $\alpha$ のpeakは消え、加振振動数成分のみになった。

図6に  $A/H = 0.0125$  の、広い風速域にわたる、P S D の測定結果をまとめた。同一加振振幅  $A/H = 0.0125$  ごとさらに後方の P S D は、図7に示すように広い  $\nabla$  の範囲で加振振動数成分のみになった。

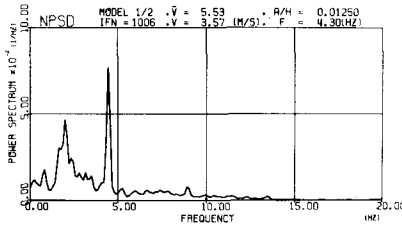


図4. 後流の P S D (測定点はオ6図)

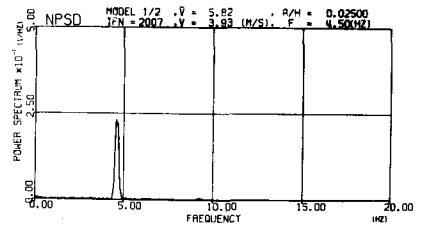


図5. 後流の P S D (測定点はオ6図)

(3-5) 模型変位に対する

後流速度変動の位相差  $\psi$

(図8): 模型の運動を再び

$Y(t) = A \cos 2\pi f t$  と記し、

後流の測定点(図6と同一地点)における速度変動の周

波数応答成分  $v(t)$  を、

$v(t) = v_0 e^{i(2\pi f t + \psi)}$  としたときの  $\psi$  の測定結果を

図8に示す。同図には、図2に示した非定常揚力の

位相差中も示す。  $\psi$  の変化は、  $1/2 V_{cr}$  付近と  $\nabla > 13$

で  $\psi$  の変化とはほぼ同一の傾向を示すことが判った。

なお、正三角形柱に對する  $A/H = 0.1$  の場合の  $\psi$  の

測定結果によると、その変化は、非定常揚力の位相

の変化とはほぼ同一の傾向を示した。

#### 4. 結論

(1) 1:2角柱について、二次元一様流中で曲げ振動時の非定常揚力を測定し、自由振動法の結果とはほぼ対応する結果を得た。

(2) 1:2角柱は、正三角形柱に比較して、加振振幅が小さい場合でも、  $\nabla = 1/2 V_{cr} \sim V_{cr}$  の広い範囲で、後流の速度変動には、加振振動数成分が卓越する。この場合、流れは、角柱前縁で剥離して、shear layer は後方に流すれるが、剥離点以後の物体形状の影響が効いて、正三角形柱と異なる結果を示すものと考えらる。

(3) 1:2角柱中心から1D後方における、速度変動の模型振動変位に対する位相の変化は、非定常揚力の位相の変化と良く対応している。

終りに、有益かつ建設的御討議を下さった流体工学部内の岡島 厚助教授と、共に実験を遂行して下さい、た度辺公彦様官に感謝の意を表します。

#### 文献

- 1) Y. Nakamura and T. Mizota; Rep. Res. Inst. Appl. Mech., Vol. XIX, No. 65 (1972)
- 2) M. Novak; Proc. Wind Effects on Building and Structures, (1971)
- 3) Y. Otsuki, K. Washizu, H. Tomizawa and A. Ohya; 構造物の耐風性に関する第2回シンポジウム
- 4) 伊藤・宮田・森光; 同上論文集(1972) 論文集(1972)

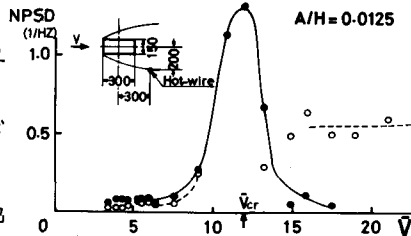


図6. PSD ~  $\nabla$

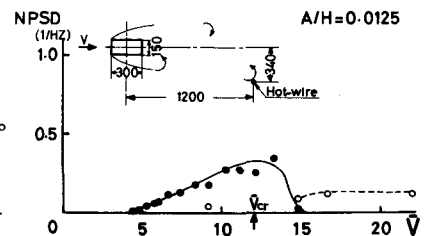


図7. さらに後流の PSD ~  $\nabla$

(図6,7共 ●印が加振振動数成分, ○印が Strouhal 成分の Power,  $\nabla = V/3H$ )

$\phi, \psi$  deg

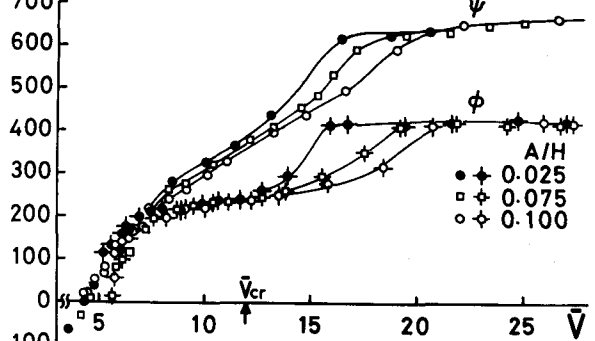


図8. 模型変位に対する後流速度変動の位相差  $\psi$  及び非定常揚力の位相差中 (測定点はオ6図)

この場合、流れは、角柱前縁で剥離して、shear layer は後方に流すれるが、剥離点以後の物体形状の影響が効いて、正三角形柱と異なる結果を示すものと考えらる。

この場合、流れは、角柱前縁で剥離して、shear layer は後方に流すれるが、剥離点以後の物体形状の影響が効いて、正三角形柱と異なる結果を示すものと考えらる。

終りに、有益かつ建設的御討議を下さった流体工学部内の岡島 厚助教授と、共に実験を遂行して下さい、た度辺公彦様官に感謝の意を表します。

#### 文献

- 1) Y. Nakamura and T. Mizota; Rep. Res. Inst. Appl. Mech., Vol. XIX, No. 65 (1972)
- 2) M. Novak; Proc. Wind Effects on Building and Structures, (1971)
- 3) Y. Otsuki, K. Washizu, H. Tomizawa and A. Ohya; 構造物の耐風性に関する第2回シンポジウム
- 4) 伊藤・宮田・森光; 同上論文集(1972) 論文集(1972)