

松尾橋梁 (株)

正会員 ○ 間 信治郎¹⁾

京都大学大学院工学研究科

フェロー

松本 勝

京都大学大学院工学研究科

正会員

白土 博通

研究当時京都大学工学部¹⁾

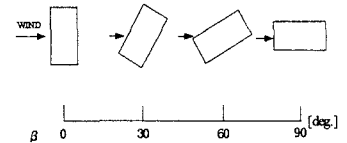
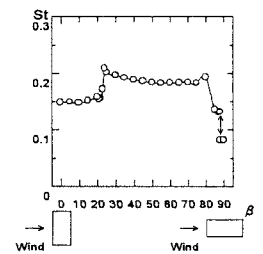
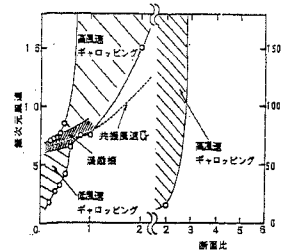
1.はじめに 既往の研究より断面辺長比 2 の矩形断面では、風向に対して直角方向の振動のみならず、風向方向の In-line 振動など種々な空力振動現象が発現することが明らかになっている。本研究では、一様流中静止断面の表面平均圧力並びに一様流中の強制加振状態における断面表面の非定常圧力を計測し、種々の断面下での振動応答との対比を行った。特に、断面辺長比 2 で起こる種々な空力振動現象のうち $B/D=0.5$ での低風速ギャロピングに着目し、迎角を与えた風向軸に対して上下非対称な断面においてもこのような空力振動現象が起こるかについて検討を行った。

2.実験概要 風洞実験に用いた模型は、断面辺長比 2 の 2 次元剛体矩形模型であり、迎角 β (風向軸に対して断面辺長比 $B/D=0.5$ となる場合を $\beta=0^\circ$ とし、模型上部を下流側に傾けたとき風向軸直角方向と模型の断面高さ方向のなす角を β とし、断面辺長比 $B/D=2$ となる場合を $\beta=90^\circ$ と定義、Fig.1 参照) を変化させて St 数測定実験、静的平均圧力実験、自由振動実験、強制加振状態での非定常圧力実験を行った。なお、強制加振実験はたわみ倍振幅 10mm、加振周波数 $f=8\text{Hz}$ 一定とした。

3.St 数 St 数を次式のように定義する。 $St=f_s D^*/U$ ただし、 f_s : 渦放出周波数、 D^* : 剥離点間の主流直角方向距離、 U : 実風速とする。実験によって得られた迎角変化による St 数特性の変化を Fig.2 に示す。 $\beta=0^\circ \sim 23^\circ$ 、 $23^\circ \sim 83^\circ$ 、 $88^\circ \sim 90^\circ$ でほぼ一定の値を示し、 $\beta=83^\circ \sim 88^\circ$ では急激に変化し、 $\beta=23^\circ$ 付近では急変、 $\beta=88^\circ$ では不連続な 2 つの値をもつことが分かる。

4.自由振動実験 自由振動実験で得られた結果を Fig.4 に示す。なお、 $\beta=15^\circ$ では、振動方向を図に示す x 軸方向、y 軸方向にとり、 $\beta=23^\circ$ では風向軸直角方向に振動方向をとった。 $\beta=0^\circ$ 、 15° 、 23° では、(なお、 $\beta=15^\circ$ では y 軸方向を風向軸直角方向とみなし、 $\beta=0^\circ$ 、 15° では y 軸方向の振動応答のみ図に掲載した) 風向軸直角方向においてほぼ同じ無次元風速約 3~6.5 で風速増加に伴い振幅が増大する振動応答がみられる。Fig.3 との対応を図ると、この無次元風速では低風速ギャロピングが発現しており、 $\beta=0^\circ$ 、 15° 、 23° での無次元風速約 3~6.5 の振動応答は低風速ギャロピングと考えられる。

5.非定常圧力実験 非定常圧力実験から得られた変動圧力係数及び位相差をもとに求めた $\beta=15^\circ$ における風向軸直角方向の無次元仕事 Wr を Fig.5 に示す。無次元風速 3.0~6.0 の領域において全体の仕事は正となり、低風速ギャロピング及び渦励振と思われる振動現象の発生と対応する。低風速ギャロピングの発現する無次元風速域で低風速側の $U/UD^*=3.0$ 、 4.0 では、上側面の励振力が下側面の減衰力を上回りトータルとして励振力が働いている。 $U/UD^*=5.6$ 付近から下側面での励振力が顕著となり始め、 $U/UD^*=6.0$ では、上下両側面とも前縁付近を除いて励振力が働き、励振力の発生源に違いがみられる。

Fig.1 迎角 β の定義Fig.2 迎角 β に対する St 数
(文献[1]より)Fig.3 曲げ一自由度支持された矩形柱に生じるソフト・フラッター
文献[3]より

6. 結論 迎角 β に対する St 数測定実験, 自由振動

実験, 非定常圧力実験, 及び静的平均圧力実験より, Fig.6 のような流れパターンが考えられる. 迎角変化によるストローハル数の変化のうち, $\beta=23^\circ, 83^\circ$ 及び 88° での St 数は, 流れの再付着の様子の大きな変化に起因し, β による変化が急変する. 具体的な流れパターンを述べると, $\beta=0^\circ \sim 23^\circ, 88^\circ \sim 90^\circ$ では上下両側面において定常的に再付着しないパターン, $\beta=23^\circ \sim 83^\circ$ では

両側面において完全剥離するパターン, $\beta=83^\circ \sim 88^\circ$ では, 完全剥離と非定常再付着の中間的

パターンが起こると考えられる. また, $\beta=0^\circ \sim 23^\circ$ では, St 数が一定, $B^*/D^*(=0.5)$ 一定 (B^* : 前縁剥離点と後縁端間の主流方向距離) (Fig.6 の流れパターンより成立), ほぼ同じ無次元風速で低風速ギャロッピングが発現することから, この迎角範囲での矩形断面まわりの流れ場は, 低風速ギャロッピングを起こす流れ場としては上下対称断面 (β

$=0^\circ$) のときと同じであると考えられる. 従って, 断面辺長比 2 以外の断面でも, ギャロッピングの発現する迎角範囲が変わる (定常的な再付着が起こる迎角が断面辺長比の違いにより異なることに因る) だけで同様な発生機構により上下非対称断面においてギャロッピングの起こる可能性が示唆される.

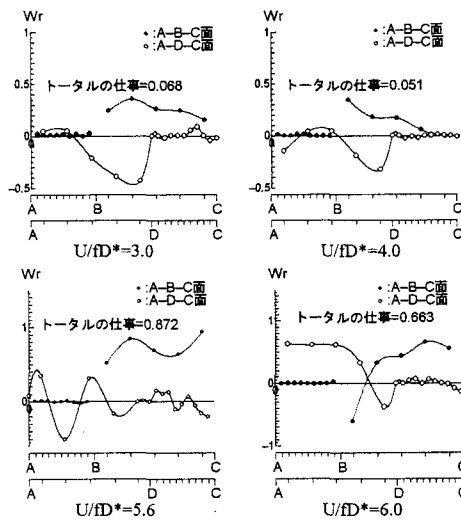
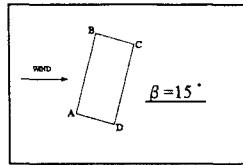
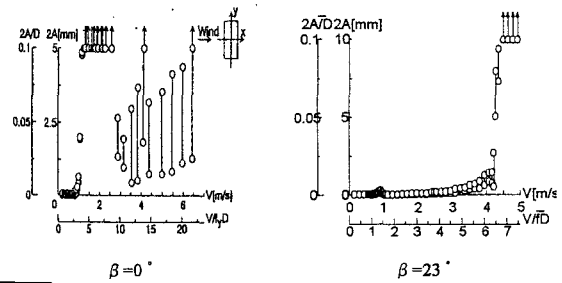
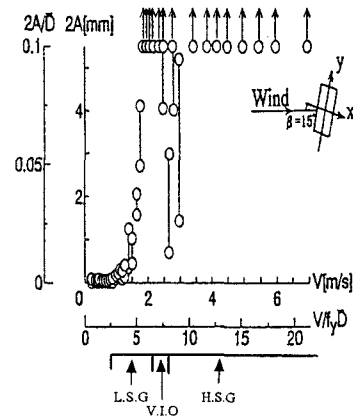


Fig.5 $\beta=15^\circ$ における風向軸直角方向の無次元仕事率



$\beta=0^\circ$

$\beta=23^\circ$



L.S.G: 低風速ギャロッピング
V.I.O: 渦励振
H.S.G: 高風速ギャロッピング

$\beta=15^\circ$

Fig.4 風速振幅応答 ($\beta=0^\circ, 15^\circ, 23^\circ$)
(文献[2]より)

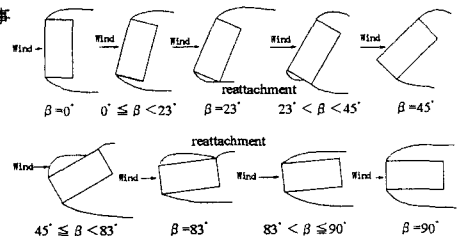


Fig.6 矩形断面まわりの流れパターンの変化

参考文献

- [1] 松本 勝・白土博通・島原明・石崎澁雄: 風の傾斜角による断面辺長比 2 : 1 角柱の空力特性, 第 15 回風工学シンポジウム論文集 (1998)
- [2] M.Matsumoto, H.Ishizaki, C.Matsuoka, Y.Daito, Y.Ichikawa, A.Shimahara, Aerodynamic Effects of the Angle of Attack upon a Rectangular Prism, Proc. of the Eighth U.S. National Conference on Wind Engineering, Maryland, USA, 1997
- [3] 平田勝哉: ギャロッピングの発生機構に関する研究