

I -28 正方形柱後流内における振動円柱の非定常圧力特性

徳島大学大学院 学生員 ○郡 崇志 徳島大学工学部 フェロー 宇都宮 英彦
徳島大学工学部 正員 長尾 文明 徳島大学工学部 正員 野田 稔
株式会社 NIPPO コーポレーション 長崎 真也

1.はじめに 斜張橋の並列ケーブル等に見られるウェイクエクサイテーションの発生原因が、上流側円柱の後流であることは広く知られている。しかし、円柱の剥離点はレイノルズ数の影響を受けることにより風速に依存するなど問題を複雑化してしまう。本研究では、上流側円柱を単なる後流発生源とみなし、レイノルズ数の影響を極力排除し、問題を単純化するために上流側円柱を角柱に置き換え、下流側円柱の2自由度ばね支持応答実験および表面圧力測定実験を行った。そして、下流側円柱周辺の流れ場の推定を行い、角柱後流内における円柱の励振機構について検討した。

2.実験概要 Fig.1 に示すように、角柱の剥離点から直径 $D=40\text{mm}$ の円柱中心までの距離を水平間隔 c として直列に配置した。ここで、両模型の中心を結ぶ軸(x 軸)と気流作用方向は一致している。下流側円柱の振動はひずみゲージを用いて鉛直変位、水平変位を測定した。下流側円柱模型には、Fig.2 に示すような円周上に 10° ピッチで設けた 36 点の圧力孔が設けられており、表面圧力を測定できるようになっている。ここでは、ばね支持状態で表面に作用する非定常圧力も測定した。圧力孔は直径 1mm であり、圧力孔からビニールチューブを介して微風圧計測装置に圧力信号を導く。なお、本実験は徳島大学工学部風工学研究室の風洞（閉断面押し込み式エッフェル型風洞：測定胴部 $1.0 \times 1.5 \times 4\text{m}$ 測定風速 $1\text{m/s} \sim 13.5\text{m/s}$ ）を使用した。

3.実験結果

(1) 寸法変化による影響 Fig.3 に上流側に辺長比 $b/d=1$ の正方形柱を設置し、寸法を変化させた場合の $V-A$ 図を示す。正方形柱と円柱との水平間隔を $c/D=3$ とし、正方形柱の厚み d を $d/D=1/8$ から $3/4$ の範囲で変化させた。 $d/D=1/8, 1/4, 1/2$ では、不安定なリミットサイクルを有するハードフラッター型のような応答を示しており、 $d/D=3/4$ では、応答はほとんど現れなかった。また、 $d/D=1/8, 1/4, 1/2$ に関しては、角柱寸法の増加に伴い、発振風速は低風速側へ移る。なお、 $d/D=1/4, 1/2$ に関して $U/fD=150$ 付近で急に応答量が小さくなる変化については、今後検討を行う必要があると考えている。

(2) 鉛直 1 自由度での寸法変化による影響 Fig.4 に下流側円柱の水平方向をピアノ線($\phi=0.4\text{mm}$)で拘束して鉛直 1 自由度とし、上流側に辺長比 $b/d=1$ の正方形柱を設置し、寸法を変化させた場合の $V-A$ 図を示す。 $d/D=1/8$ では、ソフトフラッター型のような応答を示しており、 $d/D=1/4, 1/2, 3/4$ では、不安定なリミットサイクルを有するハードフラッター型のような応答を示していることから、角柱寸法の増加に伴い、ソフトフラッター型からハードフラッター型へ変化していることが分かる。また、角柱寸法の増加に伴い、応答量は大きくなっていることが分かる。

(3) 非定常圧力による仕事 上流側に水平間隔 $c/D=3$ で正方形柱 $d/D=1/4$ を設置し、下流側円柱が定常振幅を行っている場合($U/fD=100$)と減衰状態の場合($U/fD=25$)の円柱の変位と表面圧力を測定した。得られた非定常圧力の時刻歴波形は、円柱の固有周期によってアンサンブル平均処理を行い、円柱の振動一周期における平均的な時間変化として整理した。こうすることにより高周波数成分的な圧力変動も含めることによって流れ場の状況などもより詳細に検討できると考えられる。Fig.5 に、圧力孔の角度の表記を示す。そして、円柱の変位とそれに伴う圧力の関係を Fig.6, 7 に示す。 $U/fD=100$ の場合では、よどみ点から $\pm 30^\circ$ 程度の範囲で約 $0.5 \sim 1.0$ の正圧であり、その正圧領域が広範囲であることからギャップフローが起こっていると考えられる。 $U/fD=25$ の場合では、よどみ点から $\pm 10^\circ$ 程度の範囲で約 0.2 の正圧であり、 $30^\circ \sim 300^\circ$ の範囲で約 $-1.5 \sim -2.0$ の負圧となっている。これは、振幅が小さく、ウェイク内にとどまる割合が高いた

め、正圧が小さくなり、負圧が大きくなっていると考えられる。よって、よどみ点周囲の正圧が小さいことからギャップフローは起こっていないと考えられる。

4.まとめ 角柱背後にある下流側円柱の空力振動は、角柱後流の幅の影響を受けており、水平方向を拘束しない場合には励振力は水平方向にも働き、そのため、水平方向を拘束した場合に比べ、鉛直変位は小さくなる。また、上流面の正圧の状態からギャップフローが起こっていることが確認できた。

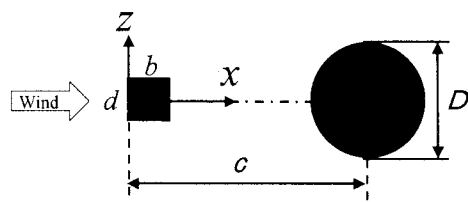


Fig.1 模型配置

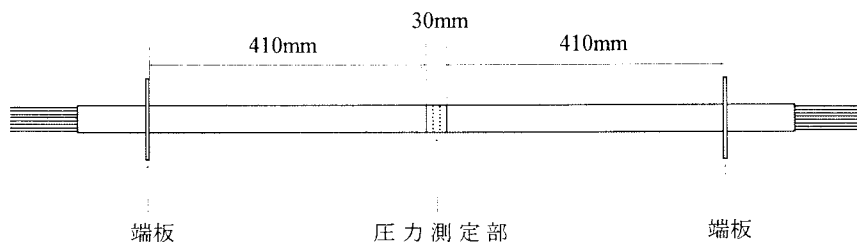


Fig.2 下流側円柱模型

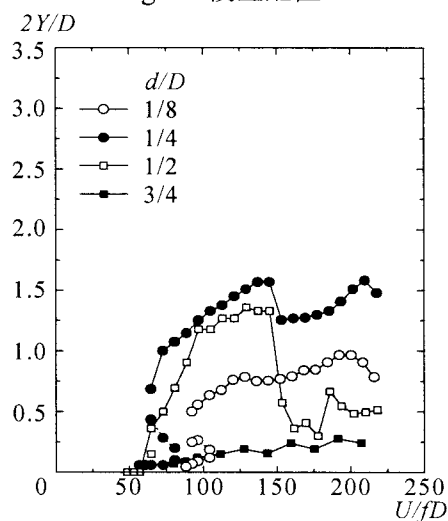


Fig.3.正方形柱設置時の
円柱の空力振動応答

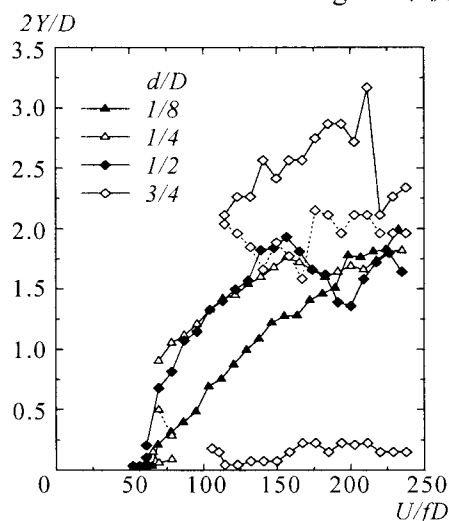


Fig.4.鉛直1自由度での
円柱の空力振動応答

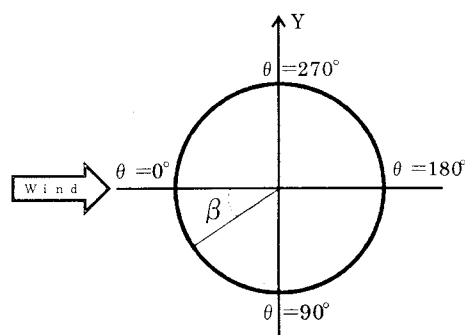
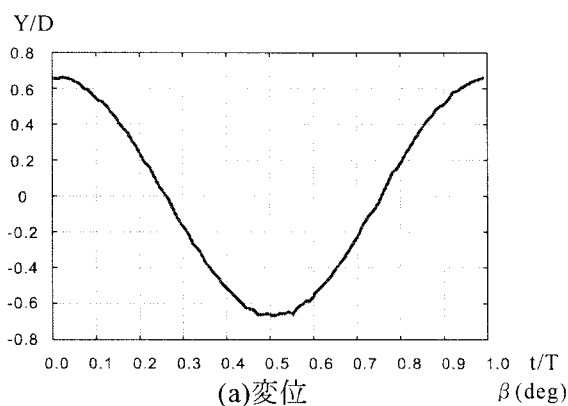
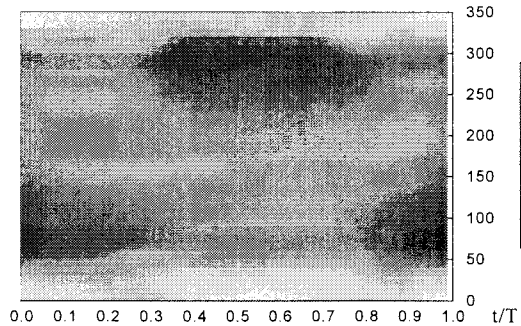


Fig.5.角度の表記

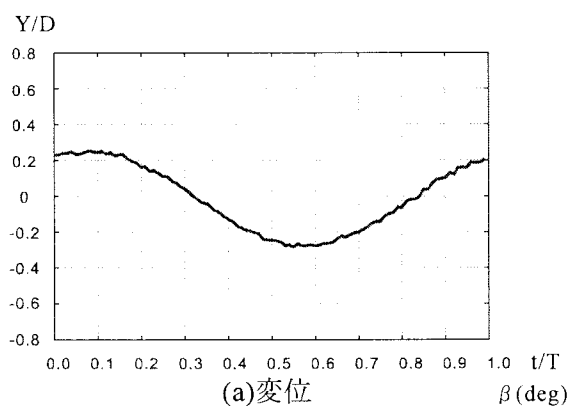


(a)変位

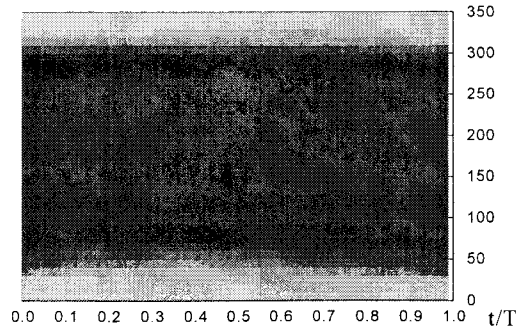


(b)圧力

Fig.6.変位と圧力の関係($U/fD = 100$)



(a)変位



(b)圧力

Fig.7.変位と圧力の関係($U/fD = 25$)