

角柱後流内で振動する円柱の励振力に関する研究

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、角柱後流内で振動する円柱の励振力について検討した。

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 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、ばね支持状態において振動中の円柱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。また、圧力データの評価時間は 120s である。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)寸法変化の応答に及ぼす影響 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(以下、ハード型とする)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) 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。Fig.4 に、表面圧力測定を行ったケースの $V-A$ 図を示す。○は下流側円柱が定常振幅を行っている場合を測定、下矢印(↓)は減衰状態を測定したことを示す。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。よどみ点を 0° とし、反時計周りを正の角度とする。そして、Fig.6, 7 に円柱の変位 ((a)図) とそれに伴う圧力 ((b)図) と非定常圧力の Y 方向の運動に対する仕事量 ((c)図) と仕事量の総和 ((d)図) を示す。これより、非定常圧力による仕事について考えてみると、運動の向きと同じ面が正の仕事(励振力)をしていることが分かる。 $U/fD=100$ の場合では、仕事量を全体で考えた場合、物体を運動させようと働く正の仕事の割合が多く、反対に、 $U/fD=25$ の場合では、物体を減衰させようと働く負の仕事の割合が多いことが分かる。 $U/fD=100$ の場合では、応答が大きく、ウェイクの外まで模型が変位し、更に、正の仕事の割合が多いため、定常的な応答を示す。

keyword：ウェイクエクサイテーション，直列配置，角柱後流

連絡先：野田 稔 徳島市南常三島町 2 丁目 徳島大学工学部 Tel：088-656-7323 Fax：088-656-7323

$U/fD = 25$ の場合では、応答が小さく、負圧であるウェイクの中に滞る割合も多く、全体的に運動を静止させようとする負の仕事の割合が多いため、模型は定常的に振動せず減衰すると考えられる。また、 $U/fD = 100$ の場合では、よどみ点の周囲が正圧であり、上面側に正圧が偏る変位領域($t/T < 0.3$, $0.75 > t/T$)と下面側に正圧が広く分布する変位領域($0.3 < t/T < 0.75$)が存在し、この圧力分布の変化する変位付近で、ギャップフローが起こっていると考えられる。

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、角柱寸法の増加に伴い、発振風速は低風速側へ移る。また、下流側円柱の運動の向きと同じ面が揚力による正の仕事をしていることと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。

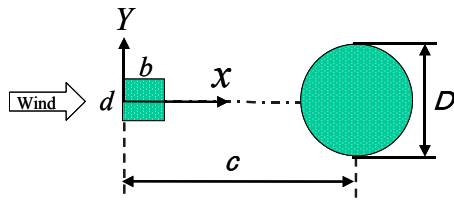


Fig.1 模型配置

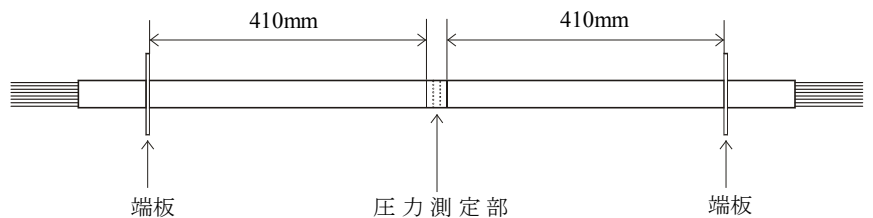


Fig.2 下流側円柱模型

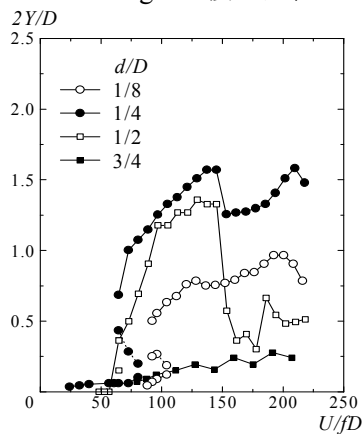
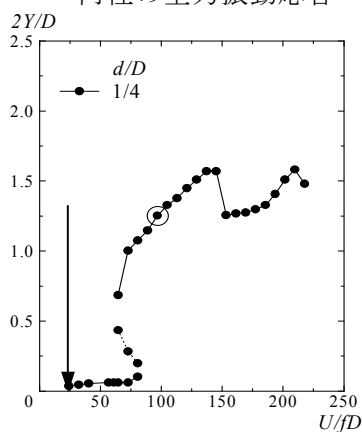
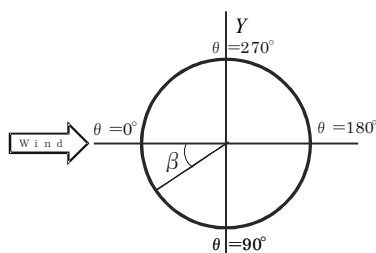
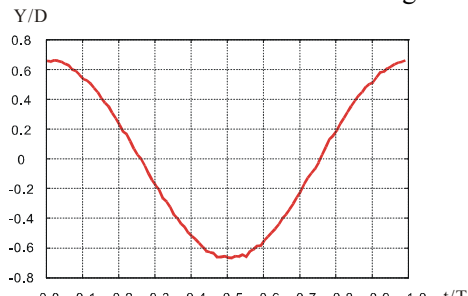
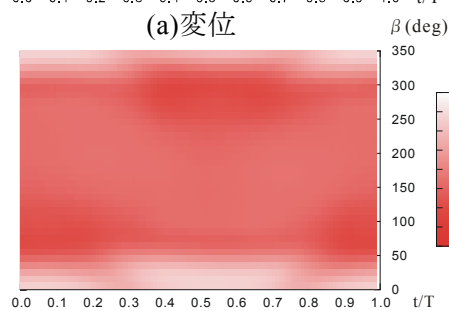
Fig.3. 正方形柱設置時の
円柱の空力振動応答Fig.4. 表面圧力の測定箇所
($d/D=1/4$)

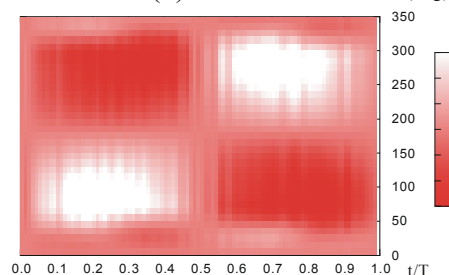
Fig.5. 角度の表記



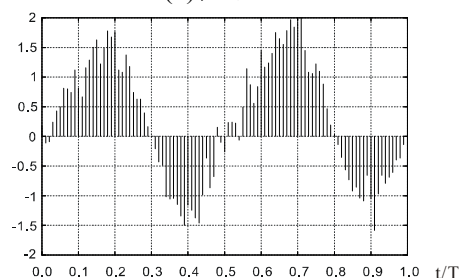
(a)変位



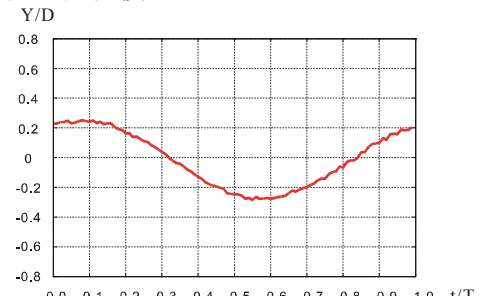
(b)圧力



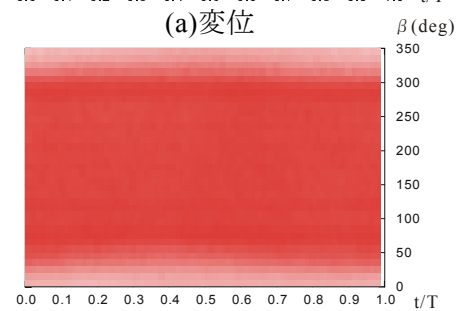
(c)仕事量



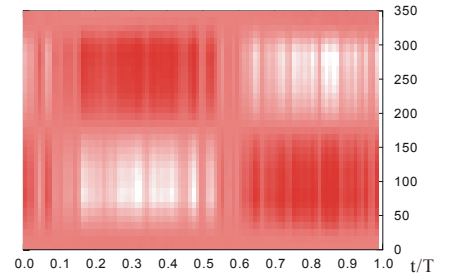
(d)仕事の総和



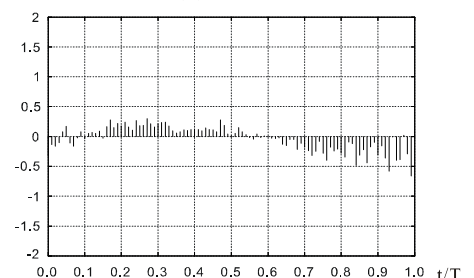
(a)変位



(b)圧力



(c)仕事量



(d)仕事の総和

Fig.6. 変位と圧力及び仕事量($U/fD = 100$)Fig.7. 変位と圧力及び仕事量($U/fD = 25$)