

直交流中の円柱構造物に作用する非定常流体力低減アクチュエータの特性について

Characteristics of unsteady fluid lift force of circular cylinder acted by air spouting type actuator

飯島 徹*、近藤 俣郎**、佐藤 靖尚***、大塚 夏彦****

Toru Iijima, Hideo Kondo, Yasuhisa Sato, Natuhiko Otuka

These days, SFT will be discussed about marine development in several countries especially Japan and Norway. In this paper, we researched for the unsteady fluid lift force on SFT modeled by circular cylinder caused by vortex and developed air spouting type actuator for reduction of this unsteady fluid lift force. We can recognize that this actuator has ability to reduce (Cl) at some parameters (void fraction, oscillation ratio, mechanical St. number, oscillation frequency, spouting patterns) but made Cd increased. So that, we propose the most appropriate parameters to reduce Cl and increased Cd at minimum experimentally.

Keywords: air spouting type actuator, void fraction, mechanical St. number.

1. はじめに

水中トンネルなどの水中浮遊式円柱構造物は津波などの長周期波や定常流にさらされる場合が懸念され¹⁾、このような状況において、剥離渦の交番発生によりロックイン現象を生じ、大きな揚力方向振動が発生する場合^{2) 3)} が考えられる。このような場合の円柱に加わる揚力の低減方法として、円柱表面から気泡を放出アクチュエータを昨年考案し、その有効性は確かめられた。本アクチュエータが有効であると考えられる要因として、気泡自体がダンピングの性質を有すること、また剥離渦発生原因を直接破壊できることなどが挙げられる。本研究では定常流を想定し回流水槽を用い、そこで実際の円柱構造物の振動状態を模型において再現した上で本アクチュエータを稼働しその有効性を実験的に確かめることを目的とするが、本年度では様々な気泡の放出パターンの特性を調べるために、揚力方向だけではなく抗力方向についても考究した。

2. 実験装置

2.1 テスト円柱

テスト円柱は直径7cm、長さ20cm、肉厚3mmの中空アクリル材を用いた。表面には12方向に1ライン当たり20個の空気放出孔が設けられている。またこの円柱の一端は自由端、他端はアルミ製の弾性棒で片持ち支持されていて、力計測用に歪ゲージが揚力、抗力の二方向が同時に計測されるよう互いに垂直に取り付けてある。またこの円柱は流体力計測のため、振動状態を再現するため1から3Hzで加振されるので円柱支持部の剛性を加振振動数の数倍以

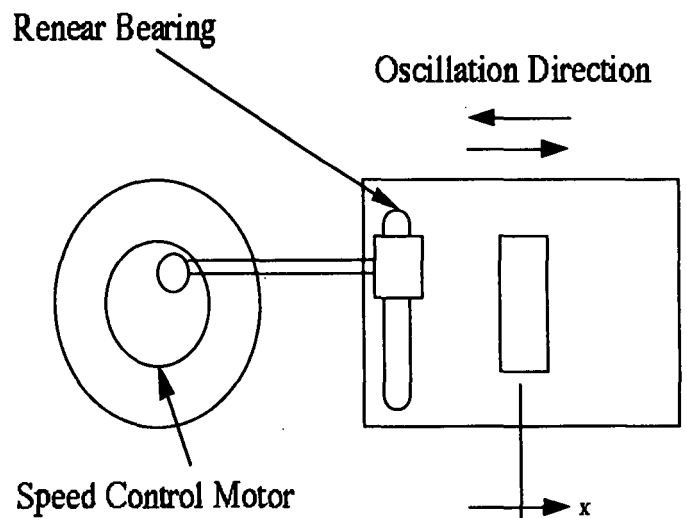


図1 ダブルスライダクランクシステム

*	正会員	室蘭工業大学CRDセンター
**	フェロー	室蘭工業大学建設システム工学科
***	学生員	室蘭工業大学大学院
****	正会員	北日本港湾コンサルタント (株)

4. 実験結果

4.1 アクチュエータ未稼働時の非定常流体力

単一円柱を流れ場において、流れ方向と直角方向に強制加振した場合の流体力（アクチュエータ未稼働時）の特性として縦軸に揚力のRMS、横軸にSt数をとった場合のグラフを図4に示す。これによりあらゆる加振振動数において $St=0.20$ 付近で最大の力を受けており、ロックイン現象を引き起こしていることが確認されるので、本アクチュエータの性能を確認するデータ収集はこの値付近を中心に行った。

4.2 気泡を放出した時の揚力特性

例として図5にそれぞれのパターンの $St=0.20$ 、 $r_0=0.429$ における揚力効果率で表わしたグラフを示す。これより昨年報告した⁴⁾A,Cパターン同様に最大で50%以上の流体力低減効果がパターンF,Gでも確認される。これらのパターンにおいて揚力が減少したのは剥離渦の交番発生要因を破壊しているためと思われる。またこの場合、加振変位に対する揚力の位相差も遅れていることから気泡が減衰力として働き付加質量除去効果があることも確認される。淀み点付近のみから放出された気泡が剥離点付近の流れに及

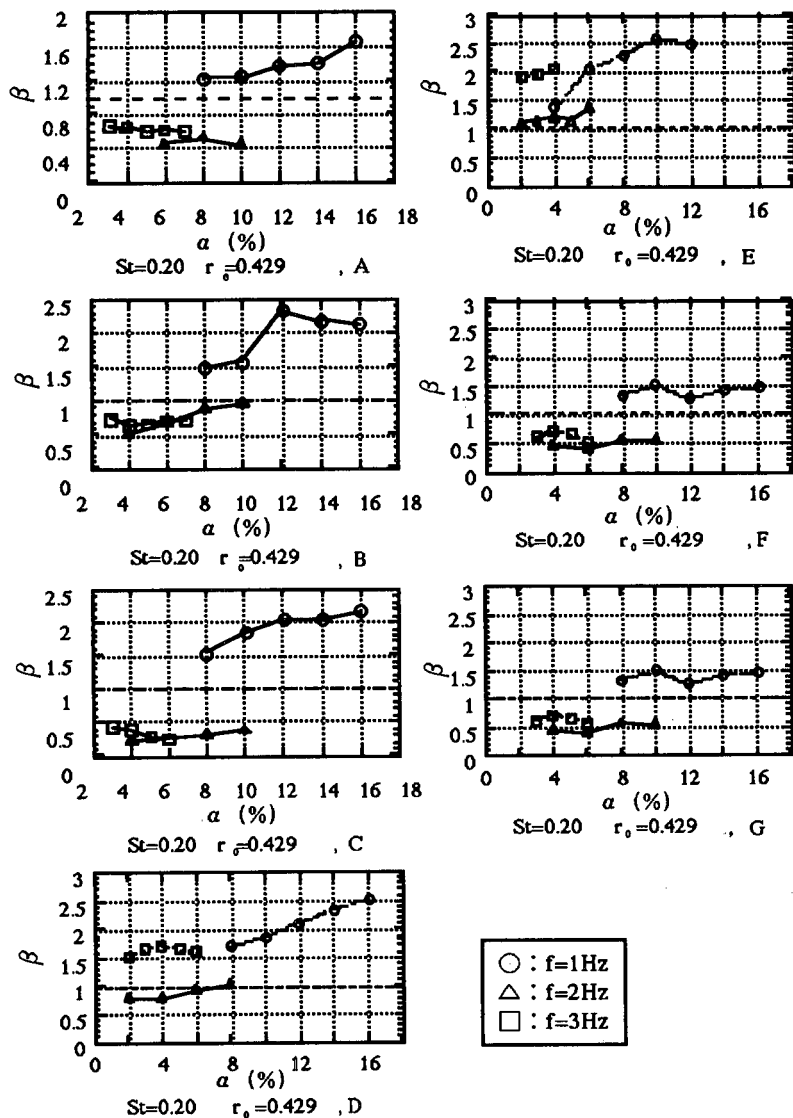


図5 パターン別揚力効果率

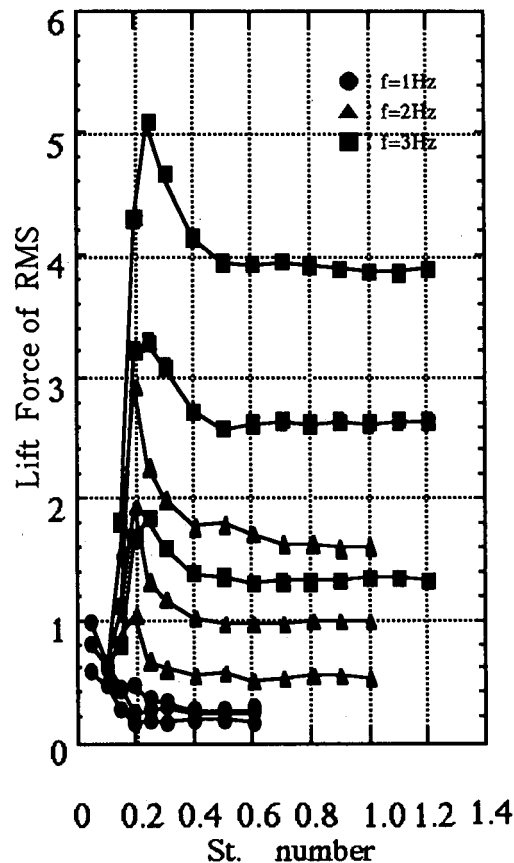


図4 揚力とSt数の関係

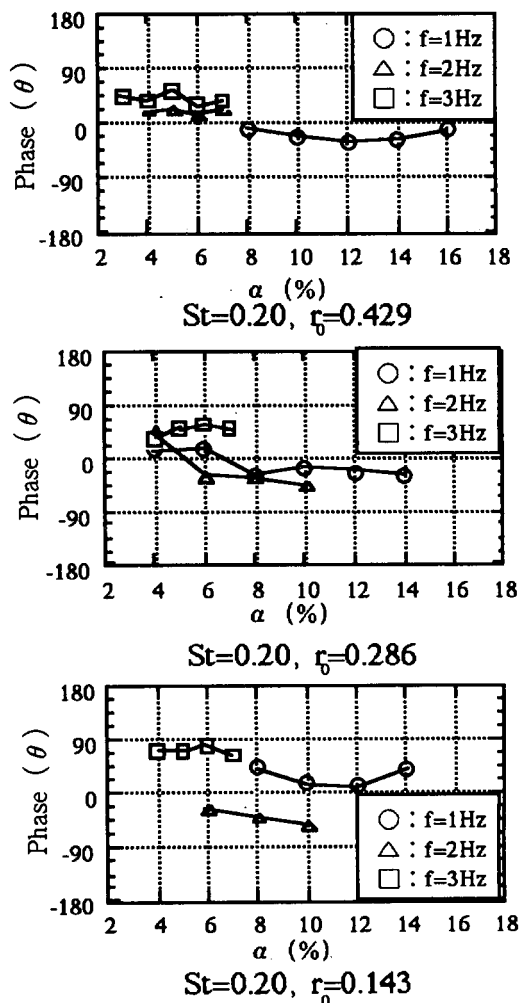


図6 r_0 ごとの θ (パターンC)

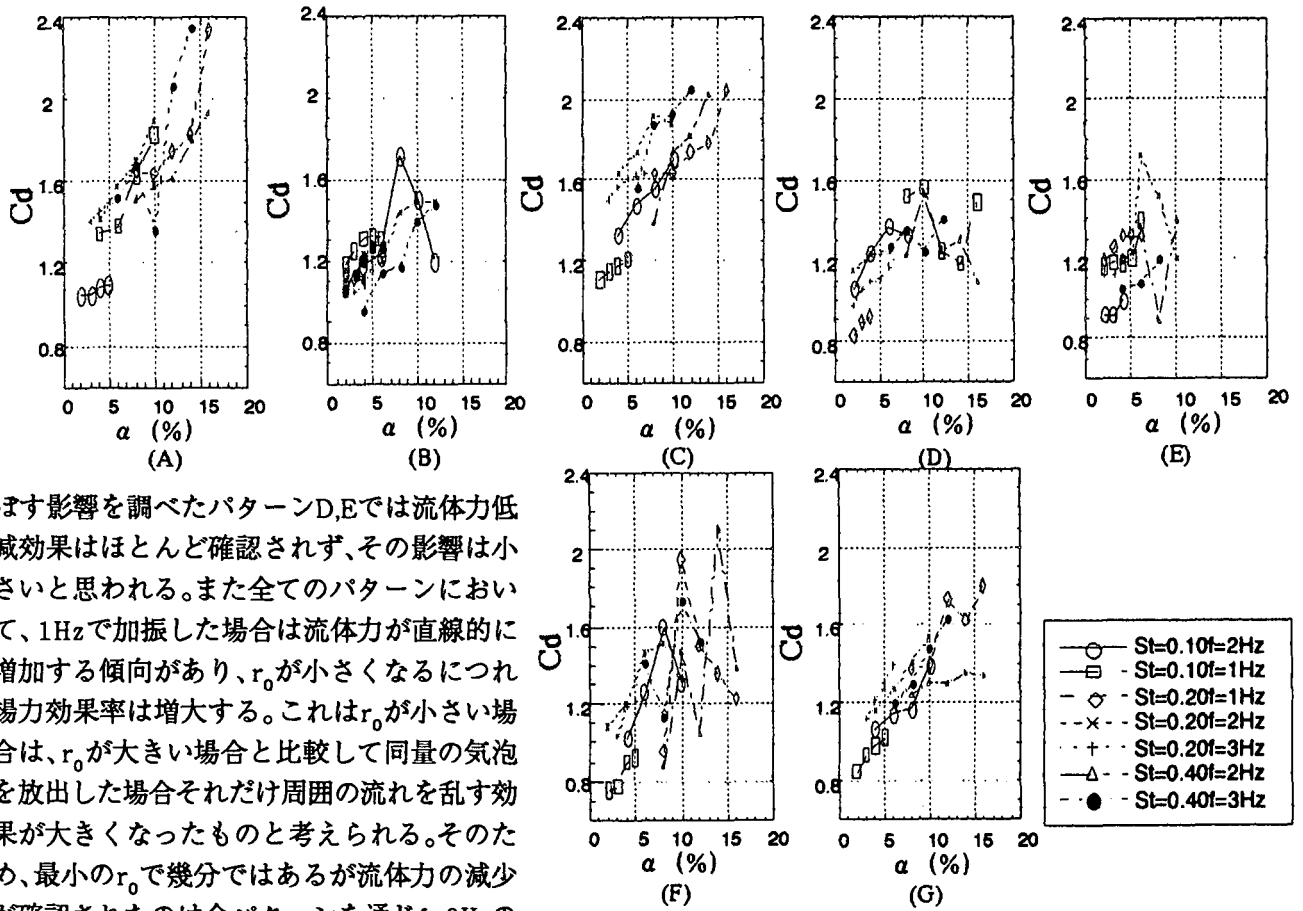


図7 (A)-(G), C_d と α の関係

ばす影響を調べたパターンD,Eでは流体力低減効果はほとんど確認されず、その影響は小さいと思われる。また全てのパターンにおいて、1Hzで加振した場合は流体力が直線的に増加する傾向があり、 r_0 が小さくなるにつれ揚力効果率は増大する。これは r_0 が小さい場合は、 r_0 が大きい場合と比較して同量の気泡を放出した場合それだけ周囲の流れを乱す効果が大きくなったものと考えられる。そのため、最小の r_0 で幾分ではあるが流体力の減少が確認されたのは全パターンを通じ $f=3\text{Hz}$ の場合に限られていた。

4.3 位相差による流体力の評価

またCパターンにおいては、 r_0 が小さい場合には $\theta > 0$ となり励振されているが、 r_0 が大きくなるにしたがって、 $\theta < 0$ となり制振されている。(図6) このことより大振動振幅時に気泡が減衰力として働くことが確認される。

4.4 気泡を放出した時の抗力特性

パターンA,C,F,Gにおいて同程度の流体力低減効果が確認されたので、これに抗力に及ぼす影響を考慮する。図7にそれぞれのパターンごとの抗力係数を示す。Fパターンにおいて、 α の増加に伴い C_d は不安定となっているのが確認される。抗力方向に直接影響を及ぼすパターンであり、気泡が推力として働き C_d は減少すると思われたが、測定した全てのSt数において、 C_d 値が増加する傾向が見られる。これは実際に見かけの流速が変化したと考えられ、インライン方向の不安定振動領域が拡大したものと考えられる。またAパターンにおいても α の増加に伴い、特に高ボイド率では急激に C_d の増加が確認される。これに対して、パターンC、Gでは α による変化は大きくみられず、 C_d 値の増加量もA,Fと比較して少ないことが確認された。またパターンD,Eにおいては α の増加に伴い C_d が減少する傾向があることが確認された。

5. 結論

結論として以下にまとめる。

- (1) F、Gパターンにおいても最大で50%以上の流体力低減効果が確認されたが、D、Eにおいてはほとんど確認されなかった。
- (2) ロックイン振動を引き起こす流速域で、低振動振幅では同ボイド率であっても励振効果を引き起こす場合があることが確認された。
- (3) 抗力に外乱を与えず、揚力を低減するのに最も効果があるのはパターンC、Gであることが確認された。

参考文献

- 1) 水中トンネルハンドブック：(社) 水中トンネル研究調査会発行 (1995)
- 2) 日本機械工学便覧流体工学編 (1987)
- 3) Flow Induced Vibration :Blevines Van Nostorand Reinhold(1977)
- 4) 空気放出型アクチュエータによる水中トンネルに作用する非定常流体力低減効果：飯島他、海洋開発論文集Vol.13 (1997)