

九州工業大学 正員 久保 喜延
 “ 学生員 ○小口 忠史
 “ 学生員 橋本 信二

1 まえがき ばい断面形状を有する物体が一樣な気流中に置かれると、渦励振振動やギャロッピングといった空力弾性振動を起こし、さらにその物体の後部には流れの剥離によって生じる Wake が発生する。

非流線形断面を有する物体が隣接する場合には上流側物体の空力弾性振動と共に下流側の物体の Wake 内における空力弾性振動についても考慮されねばならないが、Wake 内の構造物の空力弾性挙動については未だ不明な事柄が多い。そこで本報告では複数の Bluff な物体が隣接する場合の両者の空力弾性挙動を把握する目的のもとに、その基礎的段階として使用頻度の高い円柱を取りあげ、比較的中心間隔の小さい並列円柱に関して上流側と下流側の円柱の相対的な位置が下流側の円柱の空力弾性応答に与える影響について一様流中で風洞実験を行い、その結果についてまとめたものである。

2 実験概要 模型として 外径 $d=30\text{mm}$ 、厚さ $t=1\text{mm}$ 、長さ $l=107\text{cm}$ のアルミ製のパイプを 2 本使用し、これらを風洞内に流れ方向と直角に配置した。下流側円柱の空力弾性応答に注目するために上流側円柱を固定とし下流側円柱を 2 対のコイルバネによって弾性支持し、模型が流れと直角方向に並進運動を行なうようにした。尚今回の実験には、円柱から発生する渦の剥離点を固定させるためにアルミパイプの上面と下面に直径 1mm 程度の糸を取りつけた模型を使用した。実験は上流側円柱と下流側円柱の中心間隔を流れ方向には $2d$ から $18d$ まで、流れと直角方向には $0d$ から $4d$ まで変化させて上下 1 自由度振動実験を行った。(Fig. 1 参照)

3 実験結果 並列円柱の実験に先だち上流側円柱を取りはずした単独円柱について実験を行った。Fig. 2 に縦軸に無次元振幅 A_0 、横軸に換算風速 U_r をとった時の単独円柱の応答曲線を示している。応答振幅は後に述べる $Sh=2d \sim 4d$ の中心間隔の小さいケースに比較すると小さく、風速と共に上昇する傾向があるが変動が大きく、一定風速のもとでも大振幅と小振幅の振動がくりかえした不規則性の強い振動が観測された。またこの時模型長の半分を中心とする Yawing 振動も観測された。並列円柱中心間隔 S_v を $0d$ として水平中心間隔 Sh を大きくした時の応答結果を見ると $Sh=2d \sim 4d$ までの両円柱の接近した状態と Sh が $6d$ 以上の比較的間隔の大きい状態では応答振動に大きな差が見られた。Fig. 3 は円柱接近状態のうち $Sh=3d, S_v=0d$ の時の応答結果を示している。 $U_r \geq 15$ で振動が発生し $U_r=20 \sim 60$ あたりで不安定なリミットサイクルが発生している。さらに $U_r=50 \sim 150$ では無次元振幅 A_0 で 1.6 の非常に安定した定常振動へ変化する。この定常振動は $S_v=0d$ で

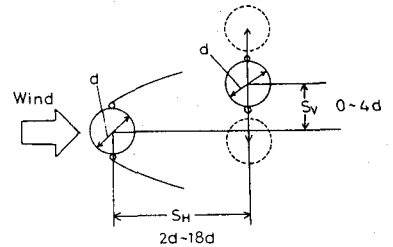


Fig. 1 Arrangement of Cylinders

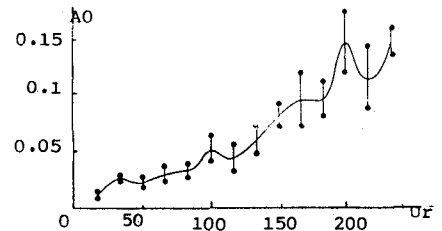


Fig. 2 Response Curve Single Circular Cylinder

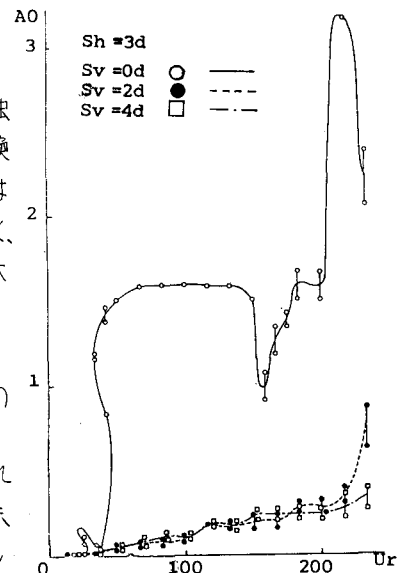


Fig. 3 Response Curve

SH の小さい近接状態においてのみ出現し、それ以外の配置の時の応答振幅に比較すると非常に安定したかつ大振幅の振動となっている。 Ur が 150 を超えると振動状態は急変し模型の長さの半分の位置を中心とする安定した Yawing 振動が観測された。しかしこの振動は $Ur=180$ あたりで消滅し再び $Ur=50 \sim 150$ で観測された安定した定常振動にもどる。さらに $Ur=220$ あたりでは系の固有振動数のおよそ 5 倍の振動数 10.2 Hz を含んだ複合波形を持つ振動が現われる。さらに $Ur=240$ あたりではこの振動は消え再び単一波形の振動が現われる。 $Sv=0d$ で $SH=2d \sim 4d$ の間の近接状態では上述の $Sv=0d$, $SH=3d$ の応答と同様の傾向が見られた。Fig. 4 は $Sv=0d$ で $SH=2d \sim 4d$ の近接状態における風速の変化による応答状態の変化を図にまとめたものである。これより一定振幅の定常振動の現われる風速域は $SH=3d$ の時最も高風速域まで伸びており、 $SH=3d$ を境に円柱中心間隔の変化と共に流れの状態が移行していると思われる。このような近接状態の振動状態の風速の変化による違いを解明するために、 $Sv=0d$, $SH=2d \sim 4d$ の近接状態において両円柱間中央に熱線流速計を設置し、Wake 内の風速変動を測定した。Fig. 5 には近接状態において発生する安定した一定定常振幅を有する振動を生じている時、及び安定した模型長の半分を中心とする Yawing 振動を生じている時の Wake 内の風速変動データをスペクトル解析を行なった結果の一例を示す。

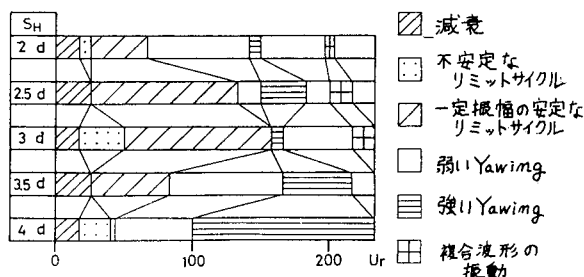


Fig. 4
Oscillation Pattern - Wind Velocity

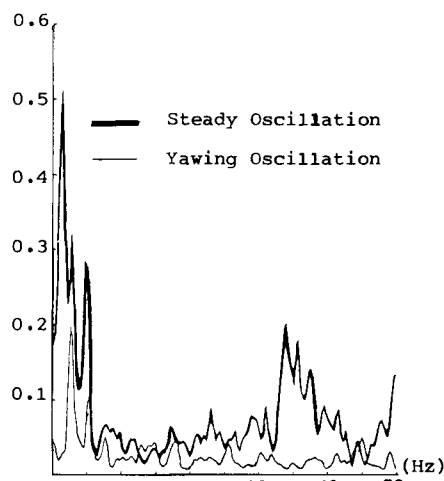


Fig. 5 Spectrum of Wind Velocity between Circular Cylinders

SH が $6d$ 以上の時は前述の近接状態のような応答振動は見られず、振動状態は単独円柱の時の応答と比較して大きな違いは見られない。Fig. 6 は $Sv=0d$ で SH を $6d$ から $18d$ まで変化させた時の応答を示している。 SH が $6d$ を超えると応答振幅は中心間隔 SH の影響をほとんど受けず、Wake の影響を受けないものと思われる。これは Sv の変化についても同様で $Sv=2d, 4d$ と変化させても応答状態はあまり変化しない。この Sv の影響は SH が $4d$ 以下の近接状態の場合には大きく出ており、前述した $Sv=0d$ での近接状態での特異な応答は $Sv=2d, 4d$ とする時には全く見られずこの時の応答は単独円柱の応答とほとんど差がなくなる。

4 まとめ 上流側円柱の影響により単独円柱の応答とは大きく異なる応答を示す Wake 領域が認められた。この領域 ($Sv=0d$, $SH=2d \sim 4d$) では応答状態は風速によって大きく変化し、振動状態に対応する風速域も SH の変化により違ってくる。このような現象の解明にはさらに空気力、円柱まわりの流れ等の測定を加えた研究が必要であると思われる。

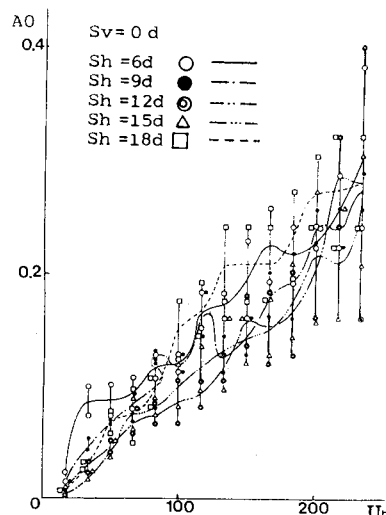


Fig. 6 Response Curve