

I-298

近接2本円柱の空力振動特性

京都大学工学部 正員 〇白土博通

京都大学工学部 正員 松本 勝

京都大学工学部 正員 白石成人

関西電力（株）

目見田 哲

京都大学大学院 学生員 辻井正人

1. まえがき

流体中に複数の物体が近接して配置された場合に生じる空力不安定現象は、従来より、多くの研究や振動観測が行われ、その発生機構や制振対策についても次第に明らかにされつつある。とりわけ、複数円柱の応答挙動は、ケーブル、パイプ、送電線などごく普通の構造要素にも発生する現象であり、熱交換器その他万一の事故発生に伴う周囲への影響度が極めて大きな構造要素にも同様の振動発生が報告されている。従って、振動現象発生機構の解明と共に、有効な制振対策の開発が急がれているところである。本研究では、このような背景から、近接二本円柱の空力振動のうち、両者の間隔が直径の2～5倍程度の比較的接近した状態で生じる楕円軌道状の振動応答に注目し、その発生機構に対して検討を加えた。

2. 風洞実験および実験結果

二本の円柱のうち上流側円柱は常に風洞内に固定し、下流側円柱を主流及び主流直角方向の2自由度（もしくは主流直角方向の1自由度）にバネ支持し、種々の配置における振動を加速度計により計測した。図1は2自由度支持された下流側円柱が有意な振動を生じた場合の相対位置を示す。二本の円柱が直列な配置（in tandem）の場合には円柱間隔が直径のおよそ4.3倍以下で応答が生じている。また、両者が千鳥配置（in staggered）にある場合には、円柱間隔が主流直角方向に直径の約2倍離れた配置まで振動が検出された。なお文献（1）、（2）等で報告されている様な円柱間隔が直径の10～20倍程度の領域で生じる楕円状の振動は確認されなかった。図2には各配置において検出された典型的な振動軌道のトレースを示す。これより、楕円状の振動軌道は千鳥配置の場合にのみ生じ、逆に直列配置では2自由度であっても気流直角方向の振動が卓越することが明かとなった。なお、両者の振動の境界となる領域では振動軌道が時間的に大き

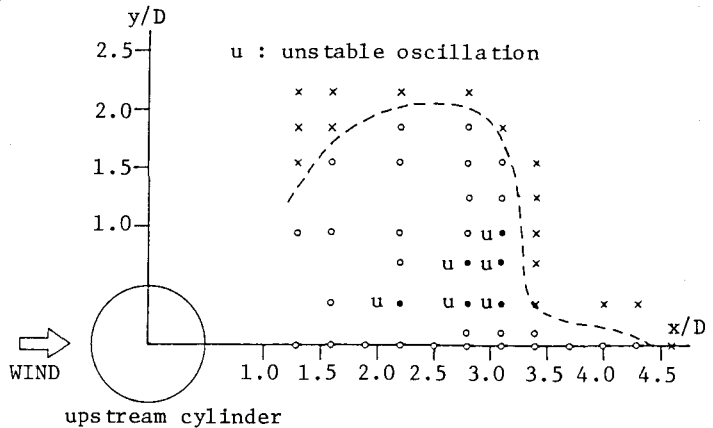


図1 振動発生領域（2自由度振動系）
（ $Re = 3 \times 10^3 \sim 3 \times 10^4$ ）

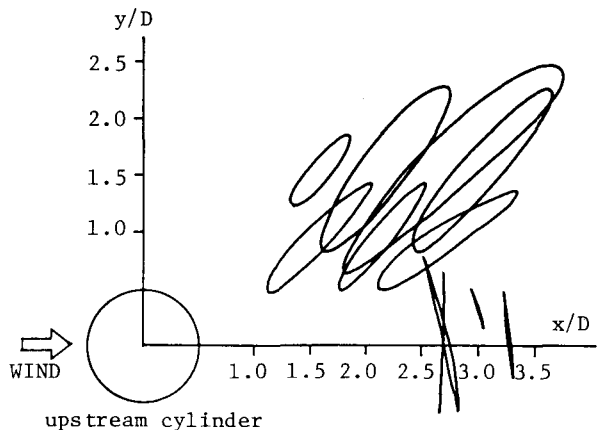
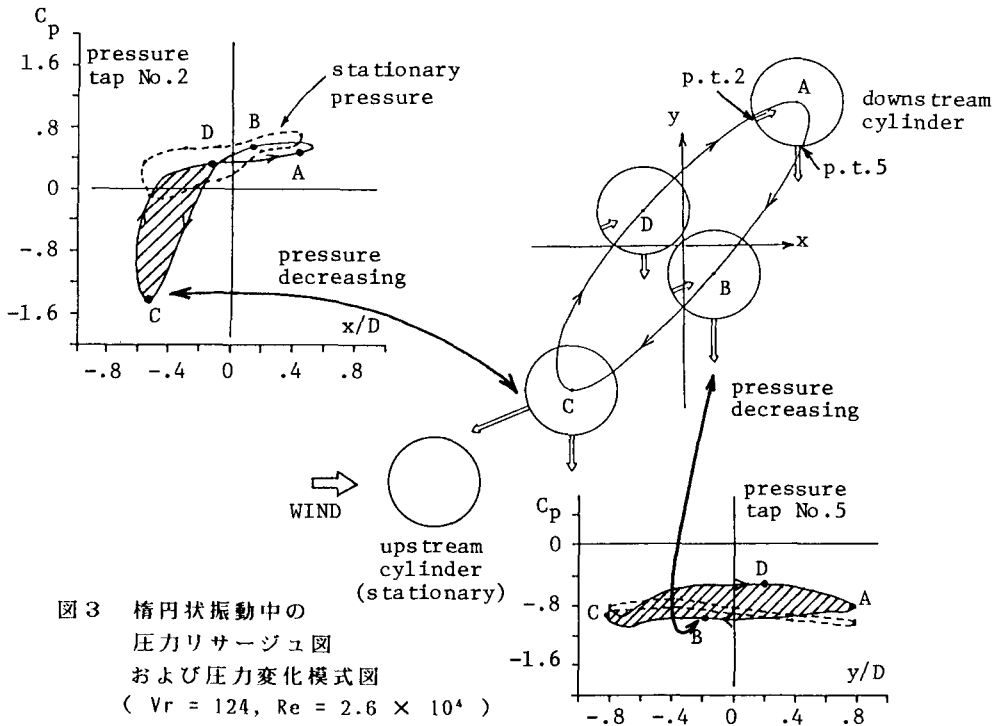


図2 振動軌道のトレース



く変化し、一定の形状に収束しない不安定な応答を示すと共に、振動振幅も他より小さく、振動に対して安定な領域であるものと判断される。このような安定領域は文献(3)においても報告されている。

図3は楕円軌道状の振動を発生する $(x/D, y/D) = (2.2, 1.55)$ の下流側円柱表面の非定常圧力のリサージュ図の一例と振動一周期の圧力変化の模式図を示す。リサージュ図中斜線を施した部分は圧力が変位に対して正の仕事をするを表す。とくに両円柱が接近した瞬間に円柱前面部にみられる著しい圧力低下が x -方向の振動に対してエネルギーを供給している点、また円柱が最遠点より上流側円柱へ接近する半周期においてみられる、円柱側面の圧力低下が y -方向の振動に対してエネルギーを供給している点より、楕円状の振動は両円柱が互いに接近する過程で励振エネルギーを流体より補給するものと考えられる。これは、上流側円柱の剝離せん断層に下流側円柱が接近する過程に相当し、下流側円柱の運動によって、剝離せん断層が強制的に歪められ、その結果定常的な配置では発生しない圧力の低下が生じるものと考えられる。このような剝離せん断層と円柱の運動による圧力低下は直列配置の下流側円柱にも認められている(文献(4))。なお、主流直角方向の1自由度バネ支持系に対し、上記の2自由度系と同様の配置における下流側円柱の振動応答を計測した結果、有意な振動が生じる領域は両者であまり変わらないことから、不安定振動発現という意味では2方向の振動自由度は必ずしも必要でないことが明かとなった。

3. 結論

本研究で得られた結果は以下のようなものである。円柱間隔が直径の2~5倍程度の領域では、a) 直列配置では主流直角方向の振動が、また千鳥配置では楕円状の振動がそれぞれ卓越し、両者の境界となる領域では相対的に振動が生じにくくなる。b) 楕円状の振動は、下流側円柱が上流側円柱に接近する過程で円柱前面、及び後流中心側の円柱側面に圧力低下が生じ、励振力となっている。c) 上述の圧力低下は静止円柱には認められず、下流側円柱の運動によって上流側円柱の剝離せん断層が強制的に歪められる流れの非定常性に起因するものと考えられる。

参考文献 1) Cooper, K.R., Wardlaw, R.L., Proc. 3rd Conf. on Wind Effects on Build. and Struc., Tokyo, 1971 2) Price, S.J., J. Aeron. Quart. Vol.16, 1976 3) 横山、佐藤、他、第40回土木学会年次講演会概要集 4) N. Shiraishi, M. Matsumoto, H. Shirato, J. Wind Eng. and Ind. Aerod., Vol.23, 1986