

## 近接2本円柱の空力挙動とその発生機構

京都大学工学部 正員 白石成人 京都大学工学部 正員 松本 勝  
 京都大学工学部 正員 白土博通 関西電力(株) 正員 目見田 哲  
 京都大学工学部 学生員 〇辻井 正人

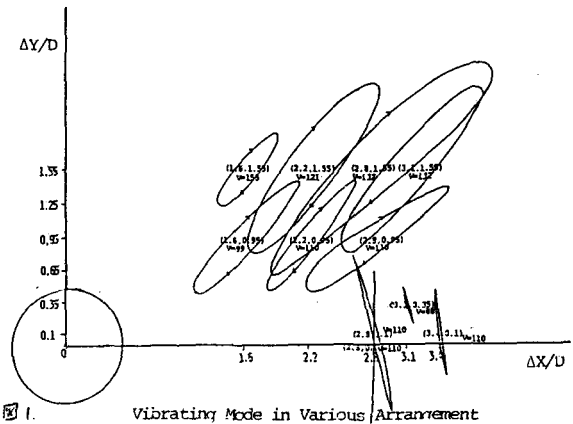
1. 研究目的 今日、多くの構造物を形成している直列複数円柱は、時として空力的に不安定な状態に置かれることが知られており、その事故例として、高圧送電線のスティング、斜張橋ケーブルの損傷、直立アンテナの疲労破壊、原子力発電プラントの冷却パイプの劣化などが挙げられている。これらは上流側円柱の後流域(Wake)に下流側円柱が存在するために円柱間に非定常的な流れが発生し、円柱の挙動との相互干渉により、複雑な空力振動現象を生じるものであると考えられるが、この現象の発生機構に関しては、未解明な点が多いのが現状である。この問題に対処すべく、本研究においては直列2本円柱を取り上げ、上流側構造物による流れの非定常性状に着目し、気流方向および気流直角方向に2自由度を与えた下流側円柱の振動状態における非定常圧力を静的に固定した状態での静的圧力と比較検討することにより、これらの空力振動の発生機構について考察を試みた。以下にその目的を列挙する。(1). 風に対する様々な配置における下流側円柱の振動応答特性の把握 (2). 準定常理論(静的空力特性から実際の現象を解明する手法)の現実への適合性の評価 (3). 2本円柱が気流方向に並んだTandemな配置および偏角をもったStaggeredな配置における後流域の流れの非定常性状と振動発生メカニズムについての考察

2. 実験結果および考察 円柱後流の流速分布およびその標準偏差を測定したところ、後流域の流速が一樣流のそれに等しくなり、しかも標準偏差が大きく変化する領域が確認でき、これをWake Boundaryと判断した。また、これよりも外側では加速されている領域が存在し、2本円柱のStaggeredな配置での空力現象と大きく関係していると考えられる。

次に様々な配置における下流側円柱に2自由度を与えた振動応答特性を調べた結果、振動形状分布(図1)から次の4種類の振動区分領域に大別されることが判明した。

(1). Tandem またはそれに近い配置における気流直角方向に卓越した大振幅振動 (2). Staggered な配置において、長軸が上流側円柱に向いた楕円軌道を描く大振幅振動 (3). 両者の中間に位置し、振動状態は発生しない (4). 上記以外の領域で振動は発生しない

さらに下流側円柱を1自由度系とした振動特性は、2自由度系の振動特性の気流直角方向成分と定性的に似ており、発振風速が一致するが、振幅はや



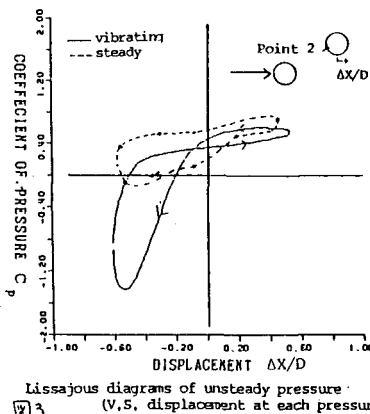
や小さい値を示していた。

以上の結果および非定常圧力、静的圧力測定により振動発生機構について検討した。

まず、Tandemな配置においては、圧力分布および非定常圧力係数 $C_p$ のリサージュ図(図2)から、Gap FlowとAccelerated Out-side Flowの存在が確認され、そのswitching作用によって振動が促進されることが確かめられた。すなわち、下流側円柱はAccelerated Out-side Flowによる負圧作用により推進されるが、最大振幅近辺で空気の歪みによって急にGap Flowにswitchし、円柱を引き戻す方向に力が働くというメカニズムである。

Staggeredな配置にお

ける $C_p$ のリサージュ図(図3)および非定常圧力分布図(図4)より、下流側円柱が上流側円柱に接近するときに、円柱内側に大負圧が発達しており、ここに流速の大きい非定常的な流れ(Gap Flow)が



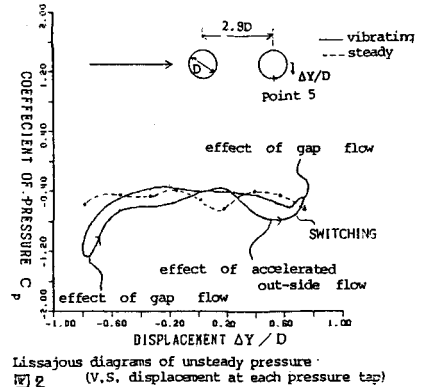
存在することが判明した。これより、発生機構の想定を試みた。(図5参照)下流側円柱は、加速される領域においてGap Flowにより内側に拘束し、負圧の大きな上流側円柱付近に引き寄せられる。やがて、円柱がWake内に侵入すると大負圧は解除されて元の位置に戻っていくという機構である。

3. 結論 下流側円柱の振動状態は、その配置により

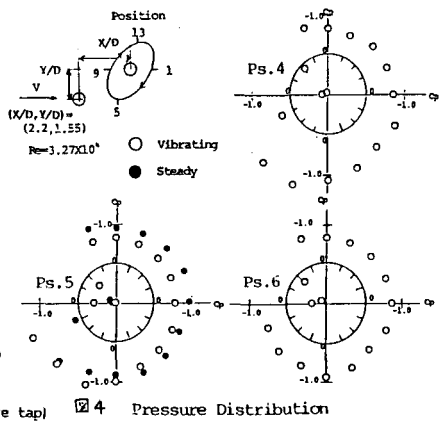
4種類の振動区分領域に分けることができ、Zdravkonich<sup>2)</sup>

が示した領域とは振動形状や分布においてやや異なり、本結果となった。振動発生機構には流れの非定常性状が大きく関係していると判断でき、Tandemな配置においてはAccelerated Out-side FlowとGap Flowのswitching作用が発生要因となっていることが確認された。Staggeredな配置では下流側円柱が上流側円柱に近づくときのWakeとの間に生じるGap Flowが振動の励振力となっていることが考えられ、橋脚運動の発生メカニズムの一つの考察を加えた。

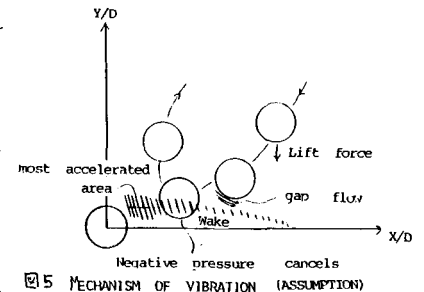
(参考文献) 1) 白石、松本、白土, "On Aerodynamic Instabilities of Tandem Structures", Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 1985 2) M.M. Zdravkonich, "Flow Induced Oscillations of Two Interfering Circular Cylinders", Journal of Sound and Vibration, 1984



Lissajous diagrams of unsteady pressure (V.S. displacement at each pressure tap) 図2



Pressure Distribution 図4



Mechanism of Vibration (Assumption) 図5