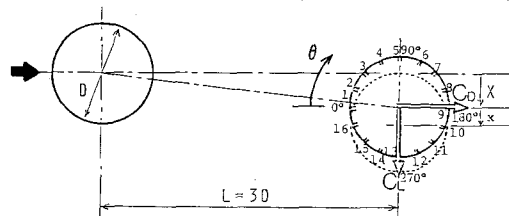


京都大学工学部 正 員 白土博通

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

1. まえがき 主流方向に近接して並んだ2本の円柱は空力的に不安定であることが知られている。とくに後流側の円柱は $1/5t$ より高い風速域で大振幅振動を生じる場合があり、上流側円柱背後に形成されるwake内の流れと後流側円柱の振動との関連について内外で多くの研究がなされている。¹⁾²⁾³⁾ また、実構造物においてこのように2円柱が近接配置される例は、とくに高層煙突群や多導体送電線等に見られ、構造物の損傷例もいくつか報告されている。⁴⁾ 筆者等は直列2円柱のwake gallopingについてその応答特性に検討を加えてきたが、⁵⁾ 本研究では、後流側円柱の圧力分布を測定し、円柱に作用する空気力の非定常性に対し考察を加えるものとする。なお、本研究で対象とした2円柱の空間的配置は図1に示すように中心間隔 $3D$ 、中立状態の偏角は 0° である。また、円柱変位 X 、揚力係数 C_L は図に示す方向を正とした。

図1 2円柱の空間的配置と X, C_L の定義

2. 定常空力特性 図2に後流側円柱の静的圧力分布を示す。 X/D の増加に伴い $\theta = 315^\circ \sim 0^\circ$ 付近で負圧から正圧へ転じる大きな圧力回復が認められることから、この部分では上流側円柱からの剥離流れが下流側円柱へ再付着するものと考えられる。また $\theta = 45^\circ \sim 90^\circ$ では負圧の絶対値が増加しており、2円柱間を高速で流下する流れ (gap flow) が存在するものと推察される。図3には、これらの特性をもとにした2円柱間の流体パターンを示す。図4は上述の静的圧力分布を断面周囲に積分し、揚力係数を求めたものである。後流側円柱に作用する静的揚力はwakeの中心方向に働き、また $Re = 3.18 \times 10^4$ (図中▽印) を除き、 C_L のピークが $X/D = 0.3$ および 0.8 付近で現われている。このような特性は図3に示した gap

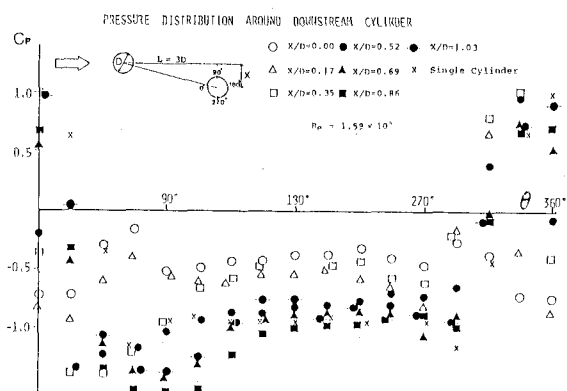


図2 後流側円柱の静的圧力分布特性

flow による負圧と剥離流の再付着による圧力回復の大小関係がそれぞれ深く関連するものと思われる。

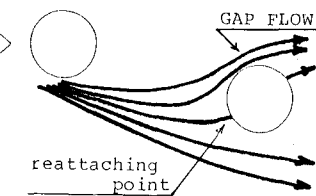


図3 2本円柱周囲の流体パターン

3. 非定常空力特性 図5はwake galloping振動中の円柱周囲の流体パターンをsmoke wire法により観察したものである。後流側円柱の振動変位が極大または極小に達した瞬間では図のように2円柱間を流れるgap flowが存在し、しかもその流れは後流側円柱がwake boundaryを横切る運動と共に周期的に生じるいわゆるswitching flowとなる。2118ことが明らかとなった。

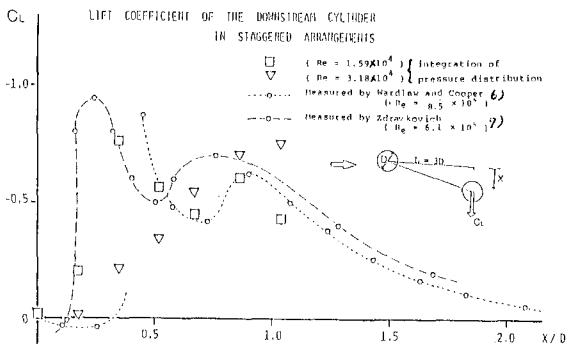


図4 後流側円柱の静的揚力特性

従ってこのような gap flow の有無、すなわち switching という流体パターンの急変は円柱の振動によりさらに助長され、後流側円柱の非定常揚力特性に大きな影響を及ぼすものと判断される。次に静的圧力分布を測定した円柱模型をバネ支持し、wake galloping を生じさせた状態で断面周囲の変動圧力を測定した。図6は円柱変位と変動圧力とのリサーチの一例であり、前述の gap flow あるいは剥離流の再付着点近傍に相当する $\theta = 292.5^\circ$, $3/5^\circ$ (pressure hole No. 14, 15) での解析結果を示す。図中破線は静的圧力を示す。振動変位が minimum の状態では静的圧力の約2倍に達する大きな負圧のピーク(図中↑印)が検出されているが、図5の流体パターンと比較すれば gap flow の有無という switching 効果によるものと考えられる。また、振動変位 $X/D = 0.4$ 付近では正圧が検出されており(図中凸印)、図2に示した静的圧力と同様に剥離流の再付着による効果が現れている。図7は変動圧力を各瞬間ごとに円柱周囲に積分し、揚力係数の時間変動と振動変位とのリサーチを示すものである。図中破線は図4に示した静的揚力係数($Re = 1.59 \times 10^4$)を示す。このような非定常揚力も静的揚力と同様に $X/D = 0.3$ 付近および 0.8 付近で2つのピークを示す結果が得られた。とくに $X/D = 0.8$ 付近の非定常揚力値は静的揚力の約3倍に達しており、空気力の非定常性を特徴づける因子として switching という流れの急変が重要であるものと考えられる。また、図7より非定常揚力は振動変位に対し位相遅れを示すことが明らかとなった。

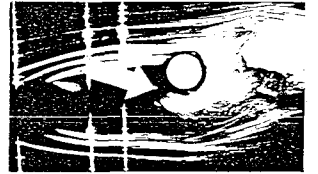
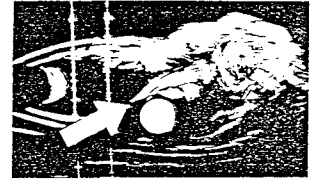


図5 wake galloping 振動中の流体パターン

4. まとめ 本研究で得られた結果は次のようである。i) 後流側円柱に作用する静的揚力は常に Wake の中心方向を示し、その大きさは $X/D = 0.3$ 付近および 0.8 付近で極大となる。ii) このような静的揚力特性は主として剥離流の再付着と本円柱間の gap flow によるものと考えられる。iii) 振動中の非定常揚力は変位に対し位相遅れであり、

$X/D = 0.8$ 付近で定常値の約3倍に達する。これらの非定常性は円柱間の gap flow の有無という switching (流れの急変) によると判断される。

謝辞 本研究の遂行にあたり徳島大学工学部 長尾文明、日本道路公団 佐川信之、京都大学大学院 油谷康弘の各氏に多大の御協力を得た。ここに謝意を表す。

参考文献 1) M. M. Zdravkovich, J. Fluid Eng., Trans. ASME, pp. 612-633, 1977 2) 宇都宮 鎌倉, 土論 336号, pp. 1-8, 1983 3) H. P. Ruschweyh, Proc. of 6th Int. Conf. on Wind Eng., Australia, 1983 4) 例として K. R. Cooper & R. L. Wardlaw, Proc. of 3rd Int. Conf. on Wind Eng., Tokyo, 1971 5) 白石, 松本, 白土, 第7回風工学シンポジウム, 1982 6) Wardlaw, Paper LTR-LA-117, 1974 7) Zdravkovich, J. Ind. Aero. vol. 2, 1977

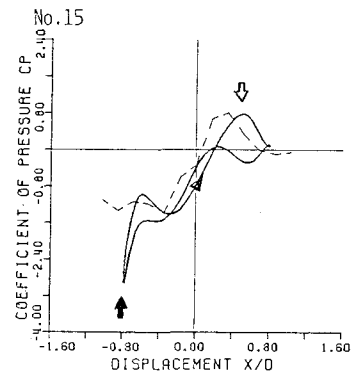
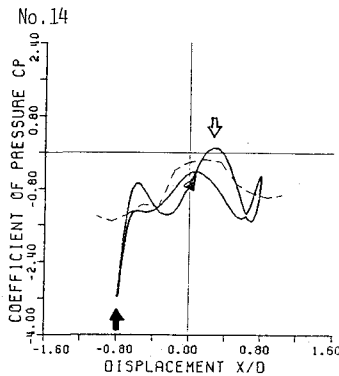


図6 変動圧力と振動変位のリサーチ

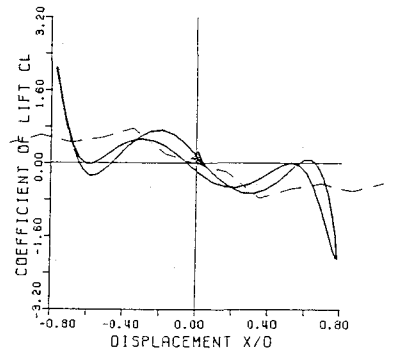


図7 非定常揚力と振動変位のリサーチ