

徳島大学工学部 正会員 宇都宮英彦
徳島大学大学院 学生員 鎌倉 米康

1. まえがき

並列円柱の空力挙動に関しては、今迄数多くの実験的研究^(1,2,3)及び理論的研究^(4,5)が報告されており、定性的には、ある程度説明されている。筆者等も、今迄の斜張橋複数ケーブルを対象とした実験的研究^(6,7)において、前述の理論では説明できない現象が発生する事を指摘した。本研究は、比較的中心間隔の小さい並列円柱に関して一様流中における風洞実験により、下流側円柱の応答性状を明らかにし、その応答発生原因に対して、強制振動法を用いて、考察を加えたものである。

2. 実験概要

風洞実験に使用した2次元部分模型は、 d (直径)=6cm, l (長さ)=60cmのアルミパイプ製である。この模型を鉛直に立て、上流側円柱は固定し、下流側円柱は、矢張り一自由度バネ支持にして、円柱中心間隔の小さい並列円柱の応答実験を行った。さらに強制振動法により、下流側振動円柱に作用する変動空気力のうち、平均流直交方向成分を検出し、同時に変位と位相差を測定した。

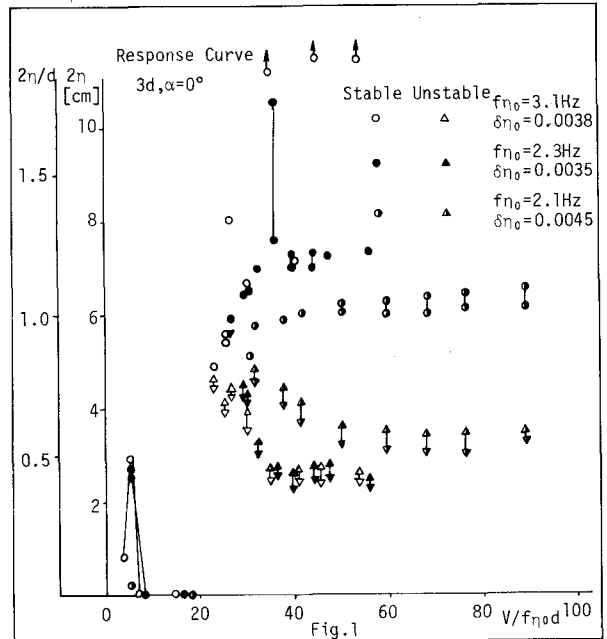
3. 応答実験結果

円柱中心間隔3 d のTandem配置の場合の応答結果をFig.1に示す。図からわかるように換算風速($V/f_n d$) 8付近において、強制振動が観測され、約23以降では、安定および不安定常振幅をもつ応答が現われている。振動数の変化に対しても同様の傾向を示している。不安定常振幅に関しては、風速の上昇に伴い減少してゆくが、あるレベル以上の風速では、この値はほぼ一定($2\pi/d=0.5$)となり、風速の上昇と無関係になっている。安定振幅に関しては、風速とともに増加する傾向にあるが、変動が大きく、一定風速の下でも、大振幅と小振幅のビート状の振動が観測された。この原因は応答が拘束条件に対して非常に敏感であり、下流側円柱をバネ支持しているために拘束条件が多少変化することにより発生することから以下の強制振動実験の過程で明らかになった。そのため長時間一定の空気力が作用せず、実際の応答振幅より小さく観測されたものと思われる。

4. 強制振動法による実験結果

下流側円柱に調和振動($y=y_0 \cos \omega t$)する時に作用する変動空気力($F=F_0 \cos(\omega t + \phi)$)を測定するために強制振動実験を行った。加振振動数は前述の応答と対比するために固有振動数に一致させて行い、加振振幅を種々に変化させた。結果は、加振振動数2/15の場合を示しこれについて考察を加える。

Fig.2は、測定された変動空気力の振幅 F_0 を示したものであり、加振振幅の増加とともに大きくなる。加振振幅 $y_0/d=0.61$ と $y_0/d=0.81$ の間に大きなGapがあるのは、応答結果の不安定振幅の存在と関係があると思われる。高風速域では、例えば $y_0/d=1.23$ の様



に急激に変化する大小2つの振幅が観測されたが、これが応答でみられた定常振幅の大きな変動の原因であると思われる。この空気力の相違は、Modelの平均流方向への微小な傾斜が一因となっているようである。

Fig.3は、応答変位と空気力の位相差 ϕ を示すもので、単独円柱の場合と比較すれば、Tandem配置における影響が明確にわかる。つまり単独円柱では、渦励振発生風速以降では遅れ側(-)であるのに対し、Tandem配置では $V/fd=20$ 付近から進み側(+)に変化してゆく風速の上昇とともにある一定レベルまで増加している。 $y_0/d=0.81, 0.95$ においては、 $V/fd=40$ 以降で位相差の進みの程度が他の振幅のものよりも大きく、これらの振幅が応答において発散領域にあることに対応している。

Fig.4には、各振幅振幅に対する空気力の仕事を前述の空気力振幅 W と位相差 ϕ により、 $W = \int_0^{2\pi/\omega} F \dot{y} dt = \pi F y_0 \omega \sin \phi$ から求めたものであり、風速をパラメータとしている。実線は減衰力 n の仕事で $W_c = \int_0^{2\pi/\omega} c \dot{y}^2 dt = \pi c y_0^2 \omega$ から計算したものである。これにより、振動が発生する以前の風速では、減衰力 n の仕事に対して、空気力 n の仕事の方が小さく、系は減衰状態にある。 $V/fd=30$ 以上の風速に対しては、小振幅で一担、空気力 n の仕事が減衰力 n の仕事より大きくなり、大振幅において再び降下状態にあり、減衰力 n の仕事と割合う大小2つの振幅がある事がわかり、応答結果ともよく対応している。

Fig.5は振幅振幅もパラメータとした仕事を表わしており、(一乗線は減衰仕事)。Fig.4と同様のことが言える。前述の高風速において急激に変化する空気力振幅のうち小さい振幅による仕事と減衰仕事から定常応答を求めると、Fig.1の応答曲線と比較的良好に一致しており、このことから、大振幅の変動空気力が作用した場合、上記応答記録から得られた定常振幅よりも大きな値になることが推察される。

5. まとめ

本研究の強制振振実験で得られた結果は、定性的に応答結果と一致していた。しかし、下流側円柱の応答が実験条件に非常に敏感であり、後流形成領域と関係あることから、今後より精度の高い実験と、後流の流体力学的把握が必要であると思われる。

- 1) 田島啓彦; 並列2本円柱の渦励振, 土木学会30周年学術講演会概要集
- *参考文献2) 斎藤通; 円柱橋脚の耐風性能性について, 土木学会33周年学術講演会
- 3) Y. TANIDA, A. OKAJIMA, Y. WATANABE; Stability of a circular cylinder oscillating in uniform flow or in a wake, J. Fluid Mech. (1975), vol. 61
- 4) Simpson, A.; On the Flutter of a Smooth Circular Cylinder in a Wake., Aeronautical Quarterly, May 1971
- 5) Tsiu, Y. T.; On Wake-Induced Flutter of a Circular Cylinder in the Wake of Another, Trans. ASME, Vol. 1, 1977
- 6) 宇都宮 謙吉; 並列円柱の風力学的振動に関する基礎的考察, 第5回橋梁の耐風性能性
- 7) 宇都宮 謙吉; 並列円柱の風力学的振動について, 土木学会中国四国支部年報概要集, 1979.

