十字交差二円柱から流出する Necklace vortex による 上流円柱の縦渦励振の発生条件

The criterion for longitudinal vortex excitation of upstream cylinder
by Necklace vortex shedding from criss-cross circular cylinders

○正 熊谷 勇雄 (長岡技科大)
正 高橋 勉 (長岡技科大)

松本 健 (三菱重工業)
正 白樫 正高 (長岡技科大)

Isao KUMAGAI, Nagaoka University of Technology, 1603-1 Kamitomioka, Nagaoka, Niigata, 940-2188 JAPAN
Tsuyoshi MATSUMOTO, Mitsubishi Heavy Industries
Tsutomu TAKAHASHI, Nagaoka University of Technology
Masataka SHIRAKASHI, Nagaoka University of Technology

Key Words: Longitudinal vortex excitation, Criss-cross circular cylinder, Necklace vortex, Lock-in phenomenon, Lock-in region, Phase difference

1. 緒言

流れに垂直な方向に弾性支持されている円柱の下流に同径の円柱を配置すると、ある条件で縦渦が流出し、主流速度を変化させたときある流速範囲にわたってカルマン渦励振よりも大きな振動(縦渦励振)が発生する⁽¹⁾。本研究では縦渦の形態の1つである Necklace vortex に着目し、風洞実験により二円柱直径比 d_2/d_1 、二円柱隙間 s 、および上流円柱の減衰力が Lock-in 現象および縦渦励振の発生条件に与える影響を明らかにする。

2. 実験装置および実験方法

測定断面 $320 \times 320 \text{ mm}$ の風洞内に、上流円柱(直径 $d_1 = 26 \text{ mm}$)と下流円柱(直径 $d_2 = 18, 22, 26, 30, 32 \text{ mm}$)の組み合わせからなる十字交差二円柱を設置した。上流円柱は両端を板バネで弾性支持し、渦電流ダンパーで減衰力を調整することにより対数減衰率 δ を $0.01 \sim 0.2$ の範囲で変化させた。

縦渦の流出周波数 f_v は、二円柱交差部近傍に設置した熱線流速計 I 型プローブによる主流方向速度変動信号を FFT 解析することで測定した。

3. 実験結果および考察

3-1 二円柱隙間が縦渦流出に及ぼす影響 d_2 の異なる下流円柱について、 s を変化させ縦渦の f_v を測定した。 d_2/d_1 により Necklace vortex が流出する s の範囲は異なるが、 d_2 で整理することで d_2/d_1 に依らず $0.25 \leq s/d_2 \leq 0.5$ の範囲で流出する。また、 f_v も d_2 で整理され Necklace vortex のストローハル数 St_2 は d_2/d_1 に依らず約 0.04 で一定である。

3-2 減衰力が縦渦励振に及ぼす影響 Necklace vortex の Lock-in 現象は δ に依らず、固定支持系における渦流出周波数 f_v と系の固有振動数 f_n が等しくなるときの流速 U_0 を含む流速範囲において発生する。その範囲は U_0 より高流速側に広がりを持つ。また、 δ の増加に伴いその発生範囲は狭くなるとともに、振動振幅は小さくなる。

3-3 Lock-in 現象発生条件 A/d_2 と St_2/St_0 における Necklace vortex の Lock-in 現象発生条件を求めた。ここで、 A は上流円柱の振動片振幅を示し、 St_0 と St_2 はそれぞれ上流円柱の振動周波数 f_c と固定支持系における渦流出周波数 f_v より求められたストローハル数を示す。弾性支持系で得られた発生条件と加振系で得られた発生条件⁽²⁾はほぼ一致し、 St_2/St_0

$= 1.0$ を含む $St_2/St_0 < 1.0$ 側に広がりを持つ。また、 A/d_2 の増加に伴い St_2/St_0 における発生範囲は広くなる。

3-4 上流円柱の振動に対する縦渦流出の位相差 上流円柱の振動の位相を基準として主流方向速度変動の位相差 ϕ_{zu} を求めることで、上流円柱の振動に対する Necklace vortex 流出の位相差を調べた。Lock-in 現象発生時において、位相差 ϕ_{zu} は St_2/St_0 の増加に伴い大きくなるが、その傾向は加振系場合⁽²⁾に比べ強くない。

3-5 Necklace vortex による縦渦励振の発生条件 無次元流速 $\bar{U}$ とスクリーン数 Sc における縦渦励振の発生条件を Fig.1 に示す。カルマン渦励振は Sc が約 60 以上では発生しない⁽³⁾のに対し、縦渦励振は Sc が 150 まで増加しても発生する。また、 $\bar{U}$ における発生範囲は Sc の増加に伴い狭くなる。

参考文献

- (1) Bae, H.M., 機論 B 編, 58-551(1992-7), 2093-2099.
- (2) 熊谷勇雄, 機講論 I, 99-1(1999-7), 471-472.
- (3) Scruton, C., Proc. Int. Conf. Wind Effects on Build. & Struc. (Teddington), (1963), paper 16, 798-836, Her Majesty's Stationary Office.

Fig.1 Region of longitudinal vortex excitation by Necklace vortex. ($d_1=d_2$, $s/d_2=0.28$, $L/d_2 \approx 12$)