Fluid Forces on a Oscillating Circular Cylinder near a Corner
(Oscillating Characteristics in the Case of Finite Amplitudes)

○ 学 長谷川 一成 (神奈川工科大)

学 菊地 直 (神奈川工科大)

正 石綿 良三 (神奈川工科大)

HASEGAWA Kazunari, Graduate school of Kanagawa Institute of Technology,

Simo-ogino 1030, Atsugi-shi, Kanagawa

KIKUCHI Naoki, Graduate school of Kanagawa Institute of Technology

ISHIWATA Ryoza, Kanagawa Institute of Technology

Key Words : Fluid Dynamics, Apparent Mass, Circular Cylinder, Oscillation

1. はじめに

流体関連振動の問題は多様化し、予測していないときに発生することも多く、さまざまな状況を想定し、検討と対策をたてることが望まれている。

著者らは、振動物体と壁、あるいは複数の振動物体どうしの干渉において振動方向による影響に着目し、さまざまな条件で、流体力と付加質量を求めてきた^{(1)~(8)}。これらの研究で、振動方向によって付加質量等の振動特性が変化することを明らかにしてきた。

前報⁽⁸⁾では、コーナー付近で振動する円柱を対象とし、振幅の大きさによる影響を考慮に入れた数値解析結果を示した。本報では、その妥当性を確認するために、実験結果との比較検討を行った。

2. 計算方法

計算方法は文献(1)、(8)と同様であるので、ここではその概略だけを述べる。

流れ場は2次元ポテンシャル流れと仮定し、図1のように直角なコーナー付近に置かれた直径 d の円柱が角度 α の方向に振動している場合を考えた。各瞬間における速度ポテンシャル ϕ を境界要素法により求めた。それらから物体表面上の圧力、さらに流体力 F を計算した。

円柱と壁との最小すきまを s とし、すきま比 $s/d=0.1\sim 3.0$ 、無次元振幅 $A/d=0.1\sim 0.45$ (A は振幅)、振動方向 $\alpha=0^\circ\sim 360^\circ$ とした。振動中心から壁までの距離の比 X/Y をパラメータの1つとしてその影響も調べた。

Fig. 1 Circular Cylinder near a Corner

3. 実験装置および方法

実験装置の概略を図2に示す。円柱(直径 $d=40.0\text{mm}$ 、長さ $l=340.2\text{mm}$)は板ばねにより弾性支持されており、円柱に取り付けた糸をはじいて自由振動させた。レーザ変位計を2つ使い、空気中と水中とでそれぞれ振動させ、変位波形を検出した。

今回は、図1において $X/Y=1.0, 1.5, 2.0$ 、すきま比 $s/d=0.10\sim 3.0$ の範囲とした。振動方向は、 $\alpha=45^\circ$ と 135° の場合について実験した。無次元振幅は $A/d=1.0\sim 2.4\text{mm}$ とした。

Fig. 2 Experimental Apparatus

4. 結果

まず、配置 $X/Y=1$ 、無次元振幅 $A/d=0.45$ 、すきま比 $s/d=0.5$ の場合について、数値解析結果を図3に示す。変位波形を正弦波として円柱を強制振動させた場合である。縦軸に振動方向の流体力 F_n を壁がないときの流体力 $F_0=(\rho \pi d^2/4) \cdot (dU/dt)$ 、 ρ は流体の密度、 U は円柱速度)で無次元化した値、横軸に時間 t を周期 t_0 で無次元化した値を示している。図3で振動方向 α による影響を見てみると、円柱がコーナーに近いほど壁からの干渉を受け、流体力が大きくなり、逆にコーナーに遠いほど流体力は小さくなる。その結果、コーナーまでの距離の変化が大きい $\alpha=45^\circ$ の場合に流体力の変化が著しくなっている。これに対して、 $\alpha=135^\circ$ の場合にはコーナーまでの距離の変化が小さく、流

体力の変化は小さくなっている。このように、コーナー付近で振動する場合には振動方向による振動特性の変化(異方性)が見られる。その傾向は、 s/d が小さい場合ほど顕著となる。

また、加速度が0となる $t/t_0=0, 0.5$ のときにも流体力が発生することが確認された(特に、 $\alpha=45^\circ$ の場合に顕著)。これは、壁にかなり接近していると一定速度で運動しても、円柱まわりの流れが非定常に変化するためである。

図4は $X/Y=2, A/d=0.45, s/d=0.5$ の場合、の数値解析結果である。 $X/Y=1$ の場合に比べて、壁付近における流体力の増加および異方性は弱くなり、1つの壁だけの場合に近づいている。

図5は、 $s/d=0.05, X/Y=1, \alpha=45^\circ$ のときの実測変位である。縦軸に変位、横軸に時間を示している。図6は、 $s/d=0.05, X/Y=2, \alpha=45^\circ$ のときの実測変位である。付加質量 M を壁がないときの付加質量 M_0 で無次元化した値は、図5で $M/M_0=3.68$ 、図6で $M/M_0=1.56$ であり、すきま比が同じ場合は X/Y が1に近づくほど付加質量は増加している。振動数に注目してみると、振幅が小さくなるほど振動数が高くなる傾向がみられる。このことは、付加質量が減少したことにより振動数が増加したものである。数値解析結果からもその傾向がみられる。

Fig. 3 Oscillating in the Case of Finite Amplitudes ($A/d=0.45, s/d=0.5, X/Y=1$, Computation)

Fig. 4 Oscillating in the Case of Finite Amplitudes ($A/d=0.45, s/d=0.5, X/Y=2$, Computation)

5. まとめ

コーナー付近で振動する円柱に作用する流体力について数値解析および実験を行った結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 有限振幅で数値解析を行った結果、振幅比が大きい場合ほど、コーナー方向に振動するときの流体力の増加と振動特性の異方性が著しくなった。
- (2) コーナー方向に振動するとき流体力の増加は著しい。
- (3) 実験結果より、振幅が減少すると付加質量が減少し、振動数が高くなる傾向がある。

参考文献

- (1) 石綿、川口、ターボ機械、26-2(1998)、p.65-71.
- (2) 石綿、川口、伊藤、機学講演会、No.988-2(1998)、p.209-211.
- (3) 石綿、川口、菊地、機学講演会、No.998-3(1999)、p.63-64.
- (4) 石綿、川口、ターボ機械、26-4(1998)、p.200-206.
- (5) 石綿、川口、ターボ機械、26-10(1998)、p.592-598.
- (6) 石綿、菊地、機学講演会、No.00-14(2000)、p.508.
- (7) 石綿、菊地、長谷川、機学講演会、No.015-1(2001)、p.231-232.
- (8) 菊地、石綿、長谷川、機学講演会、No.01-3(2001)、p.208.

Fig. 5 Oscillating displacement ($s/d=0.05, X/Y=1, \alpha=45^\circ$ Experiment)

Fig. 6 Oscillating displacement ($s/d=0.05, X/Y=2, \alpha=45^\circ$ Experiment)