B132 キャビティー部を有する管路内高速流れの可視化

(第二報: キャビティー部流れと擾乱の関係)

埼玉大 細井健司[○]、川橋正昭、平原裕行、塩崎孝壽

Visualization of flow through a circular pipe with an axi-symmetric cavity

(2nd Report: relation between cavity flow and pressure fluctuation)

Kenji HOSOI*, Masaaki KAWAHASHI*, Hiroyuki HIRAHARA*, Kouju SHIOZAKI*

Faculty of Eng., Saitama Univ., 255 Shimo-okubo, Urawa, Saitama

Experimental investigations on pressure fluctuations generated in a flow through a circular pipe with an axi-symmetric cavity at high Reynolds number are described in this paper. Flow patterns in the cavity are visualized by illumination with laser-light-sheet, and recorded by using a still camera and a high speed CCD camera. Pressure fluctuations generated in the cavity are measured by pressure transducer, and analyzed by FFT. The visualization results show that the fundamental feature of the flow in the cavity depends on the ratio of cavity depth (h) and length (L), a stationary ring vortex is produced in the axi-symmetric cavity in the case of $h/L=1$, and according as decrease of the ratio the vortex developed at up-stream side moves toward down-stream side and is emitted to main stream. The results of frequency spectrum obtained by FFT analyses on pressure fluctuation in the cavity show that the peak indicating the fluctuation becomes discrete and higher as the value of h/L decreases.

Key word: Visualization, Pipe flow, Cavity flow, Laser-light-sheet, Pressure fluctuation

1. 緒言

管路途中に絞りや拡大部を有する場合、管路内流れに擾乱が発生し、騒音などの原因となることがある。管路にキャビティー状拡大部を有する場合には、キャビティー内に形成される流れの非定常性が擾乱発生の原因となることが考えられる。著者らは、断面が不連続的に拡大・縮小する軸対称キャビティーが存在する円管路の高速流れにおける擾乱発生要因について検討することを目的とし、キャビティー深さを一定とし長さを変化させたときの流れについて、水流を対象とした可視化解析を行ってきた⁽¹⁾。

本報告では、キャビティー形状によるキャビティー内流れの変化について可視化解析を行うとともに、管路系に生じる背景擾乱を極力減衰させることにより、流れの構造とキャビティー内に発生する擾乱の大きさおよび周期との関係を検討した。

2. 実験装置および方法

供試管は円管であり、試験部には図 1 に示すような軸対称のキャビティーが設けられている。管路部内径は 25mm であり、キャビティー長さは 12.5mm 一定とした。なお、キャビティー深さを 3.1~12.5mm、キャビティー比(h/L)にして 0.25~1 の範囲で変化させた。試験部前後にはそれぞれ管内径の 46 倍の直管部が取り付けられている。本実験では、管路部断面平均速度は 10m/s 一定であり、内径を代表長さとしたレイノルズ数は 2.5×10^5 である。

キャビティー部擾乱は、キャビティー下流端側側壁に取り付けられた圧力変換器により検出され、変動圧力波形が FFT 解析される。

キャビティー部流れの可視化解析では、管軸を含む中心断面をレーザシートにより照明し、35 ミリスチールカメラと高速ビデオカメラ (Weinberger AG

スピードカム 512、512×512 pixels, 3200 frames/s、ASA2800 相当) を用いて撮影した。

3. 実験結果および考察

はじめに、試験部流れの可視化結果例を示す。図2は、キャビティー比 $h/L=0.25$ についてスチルカメラにより撮影された結果である。キャビティー比が小さい範囲では、キャビティー深さのスケールを有する渦が形成されて下流側に移動し、主流部に放出されていく複雑な流れを形成している。キャビティー比が1に近づくと、安定な渦が形成される。このようなキャビティー比による流れの構造の変化が、管路内に残留した気泡の動きにより、間接的に可視化観測された。その結果、図3に示されているキャビティー比0.75の例では、興味深い現象が観測されている。この結果より、キャビティー内に形成される渦は、その中心位置が円周上でキャビティー長さ方向に周期的に変化しながら、放出されずに準安定状態でキャビティー内にとどまっていると考えられる。

次に、キャビティー内擾乱を計測した結果を示す。図4(a)(b)には、検出された圧力擾乱波形のFFT解析を50回平均して得られた結果が示されている。同図(a)はキャビティーが存在しない場合の背景擾乱についての結果であり、ピーク値はポンプ回転に基づくものと判断される。得られた結果は、キャビティー比が0.25のとき、もっとも明確なピークが現れ、そのレベルも高い。すなわちキャビティー前縁角部から発達する渦が下流部に移動し放出され、再び角部から渦が発達する周期的な流れとなっているものと考えられる。

4. 結論

高速水流の管路途中にキャビティー部が存在する場合に生じる擾乱について、可視化解析および圧力擾乱の計測を行った結果、キャビティー流れに関する基本的な現象が明らかになった。

参考文献

細井健司、川橋正昭、他3：「キャビティー部を有する管路内高速流れの可視化」可視化情報、Vol.17

Suppl. No.2(1998) pp113-116

Fig.1

Fig.2

Fig.3

(a) without cavity

(b) $h/L=0.25$

Fig.4