Measurements of Flow through Sluice Valve Model by Image Processing

正 山田 英巳 (大分大)、○学 山下 宗作

Hidemi YAMADA, Oita University, Dannoharu700, Oita-city, Oita
Shusaku YAMASHITA**Key Words**: Image Processing, Sluice Valve, Velocity Vectors, Flow Visualization

1. 緒言

仕切弁は、弁全開時における損失が極めて小さく、弁体構造が単純で信頼性が高いため、管路内流れの流量調節に広く利用されている。しかしながら上流側の流れの状態や、設置する仕切り弁の形状の違いが、弁周辺の流れ場に及ぼす影響はこれまで十分に検討されていない⁽¹⁾。

本研究では仕切弁の単純なモデルとして凸型、平型及び凹型の三種の形状をもつ突起板を円管路中に設置し、粒子画像計測法(PIV)を適用して突起板周辺の速度分布を求め、各種弁形状と流れの構造との関係について検討する。

2. 実験装置及び方法

2.1 実験装置

実験装置の概略を Fig.1 に示す。入口流れが剥離しないようにその前縁が滑らかな長楕円形状に加工された内径 $D=80\text{mm}$ (外形 90mm)の透明なアクリル樹脂製の円管を水槽中に設置した。水槽中に溜められた水はポンプによりこの試験部となる円管を通り、流量計を介して再び水槽中へ戻る。突起板は円管入口より 600mm の位置に Fig.2 に示すように取り付けた。そして突起板下流の横断面の撮影ができるように、突起から 400mm 下流に透明アクリル板による観察窓を取り付けている。

また、Fig.3 に実験に用いた凸型、平型及び凹型の突起板の横断面形状と円管内径 D に対する突起板の高さ h との比を示す。突起板の厚さはすべて 8mm であり、開口面積比はいずれも約 50% である。

2.2 実験方法

円管路の突起板付近の流れの様子を可視化するために、円管流中に平均粒子径が 0.1mm (比重約 1.02)のナイロン微粒子をトレーサ粒子として混入した。可視化画像は円管測定部の流れに厚さ約 2mm のハロゲンスリット光を上方から照射し、レイノルズ数約 $Re=Ue \cdot d / \nu = 1000$ (Ue は円管断面平均速度、 ν は水の動粘度)のもとで測定部の側方から $x-y$ 断面、及びレイノルズ数約 $Re=2500$ のもとで下流側から $y-z$ 断面における流動を CCD ビデオカメラ(フレームサイズ $780 \times 488\text{pixel}$)で撮影することによって得られた。また、本撮影における空間分解能は、 $x-y$ 断面の場合は約 0.35mm/pixel 、 $y-z$ 断面の場合は約 0.2mm/pixel である。

3. 解析手法

粒子画像計測法には濃度パターン相関法⁽²⁾を用いた。CCD カメラで撮影した画像は一時ビデオテープに録画する。この動画のデータ者をソフトウェア(Adobe Pmiere6LE)を使用して、デジタルデータ(AVI ファイル)に変換することにより、必要な静止画を(1/30) sec 間隔で取り出すことができる。この静止画像をソフトウェア(Adobe photo shop)に転送し、解析に必要な画像の範囲を一画素単位で切り出しを行った。この静止画像をパーソナルコンピュータ上の PIV ソフトウェアを使用し計算処理を行った。

Fig.1 Experimental Apparatus

Fig.2 Test Section

Fig.3 Valve Model

(a) Convex-Type

(b) Flat-Type

(c) Concave-Type

Fig.4 Flow Visualization around a Valve
($Re=1000$, $Ue=11.1\text{mm/s}$)

4. 実験結果及び考察

4.1 x-y 断面の可視化

Fig.4 にレイノルズ数 $Re=1000$, シャッタースピード $Ts=2.5\text{sec}$ の条件下でデジタルカメラにより撮影された凸型, 平型, 凹型突起板近傍の x-y 断面可視化写真を示す. それぞれ突起板の前面には首飾り渦の中心断面の挙動が見られ, また突起板頂点で剥離した流れは大きく弧を描いて流下している. この下流方向へ向かう流れの一部が逆流することが, 視覚的に確認できる. ただ突起板頂点での剥離角度は, 突起板の形状により違いがあり, 凸型, 平型, 凹型突起板の順に大きくなっていることが確認できる.

4.2 x-y 断面の画像処理結果

x-y 断面の画像解析では解析時のテンプレートサイズを凸型は 23×23 , 平型は 25×25 , 凹型を $37 \times 37\text{pixel}$ に設定し, 検索移動距離はいずれも 8pixel とした.

可視化動画画像から $Re=1000$ の下で突起板下流の渦の変動挙動の周期 T を測定したところ, 凸型及び平型突起の場合約 10 秒, 凹型の場合約 15 秒であった. Fig.5 に各突起板におけるそれぞれの 1 周期で時間平均した x-y 断面($y'=D-y$)における解析結果を示す. 一度突起板で剥離した流れの円管底部への再付着点の位置は凸型で $x=150\text{mm}$, 平型で $x=130\text{mm}$, 凹型で $x=110\text{mm}$ の順に下流側で存在している. これは, 突起板形状による高さ h の違いにより, 凸型, 平型, 凹型突起板の順で流れの剥離角度が大きくなり, より突起板より下流側で再付着するためだと考えられる.

4.3 y-z 断面の可視化と画像処理結果

Fig.6 (a)~(c)に $Re=2500$ における 3 種類の突起板 y-z 断面の $x=8 \sim 10\text{mm}$ 位置での可視化写真と画像処理結果を示す. 可視化写真は $Ts=2.5\text{sec}$ のシャッタースピードで撮影をした. 一方画像解析では解析時のテンプレートサイズは $31 \times 31\text{pixel}$, 検索移動距離は 8pixel , 平均時間は $T=1\text{sec}$ とした.

まず, 可視化写真から凸型, 平型突起板において, 円底中央部から y 軸方向に $10 \sim 30\text{mm}$ の位置によどみ点が確認でき, このよどみ点を中心として突起板上縁へ発散するように突起表面をはい上り, 主流へと合流していく様子が分かる. ただ凹型突起板の場合にはよどみ点は明瞭には観察できなかった. しかしながら, 画像処理結果から凸型は $y/D=0.38$, 平型は $y/D=0.25$, 凹型は $y/D=0.19$ の高さによどみ点が 3 種の突起板すべてに存在していることが分かる. 再付着点が下流側に移動するほどよどみ点の y/D の値も大きいので, これも突起板頂点からの剥離角度の大きさに影響を受けているものと考えられる.

5. 結 言

円管内に設置された各種形状の突起板近傍を過ぎる流れについて x-y 断面, y-z 断面の可視化と画像処理を行った結果, まず突起板前面には定常渦の存在が確認できた. また突起板頂点での剥離角度が凸型, 平型, 凹型の順に高くなっており, それに伴い一度剥離した流れの再付着点の位置も突起板の形状により異なっていることが明らかになった. また, 突起板背面におけるよどみ点の円底中央部から y 軸方向への位置は, 剥離角度の大きさに順じて凸型, 平型, 凹型の順で高くなっており, 剥離渦の大きさに因果関係があるものと予想される.

文 献

- (1) 山田, 機構論, No. 938-2, (1993), 169.
- (2) 木村・井上・高森, 計測自動制御学会論文集, 23-2, (1987), 101.

Fig.5 Velocity Vectors Profile in x-y Plane
($Re=1000$, $U_e=11.1\text{mm/s}$)

Fig.6 Visualization and Velocity Vectors in y-z Plane
($Re=2500$, $U_e=27.9\text{mm/s}$)