A215 遠心送風機の特性と舌部近傍の流れ

○小泉 敦司 (東海大院), 小田切 哲夫 (東海大院), 青木 克巳 (東海大学)

The characteristic of a centrifugal blower and the flow near the Tongue

Atsushi KOIZUMI and Tetsuo ODAGIRI and Katsumi AOKI

ABSTRACT

A study of internal centrifugal blower is very interest in case problems for improve the characteristics. Also, the form of volute tongue which have an affects to characteristics centrifugal blower. This paper is described about effect of tongue shape for characteristics of centrifugal blower. Visualized experiment and numerical calculation for the tongue shape of 3 types clarified the flow characteristic of the flow near the tongue in centrifugal blower. As the results, the following facts are made clear. The behavior of the flow near the tongue agrees with that obsessed by flow visualization experiments. Numbly the stagnation punt moves around the tongue when changing the mass flow.

Key Words: Centrifugal blower, Numerical calculation, Tongue, Flow visualization

1. 緒言

遠心送風機の舌部近傍の流れに関する研究は、性能向上, 不安定現象の改善, 騒音の低減など様々な視点から行われてきている。しかしながら, これらの問題を克服するには, ケーシング内部の流れを把握することが重要である。これまで舌部騒音と性能との関連で種々の研究が行われてきているが, 舌部形状が変化した時の性能と内部流れの状態との関連を明らかにしているものは少ない。そこで, 本研究ではケーシング構成要素の中で最も重要と思われる舌部に注目し, 舌部形状を変化させ, その変化に対する性能特性と各舌部近傍の流れを指向性ピトー管による速度分布の測定と, 可視化実験, 並びに数値解析 (RNG $k-\epsilon$ モデル) により明らかにしている。

2. 実験装置及び方法

実験装置の概略を Fig.1 に示す。装置は遠心送風機, 電動機部, 流量測定管路部, 火花発生装置, 各測定装置により構成されている。遠心送風機本体は一般に市販されている (ミツヤ送風機 PFC # 2 1/2) ものを使用し, 可視化実験を行うために透明アクリル板で製作されている。羽根車の概略を Fig.2 に示す。羽根車はシュラウドを持つクロード型羽根車で, 外形 375mm, 羽根車数 12 枚, 羽根出口角度 41° , 羽根曲線に 3 円弧法を用いたものを使用する。実験で用いた 3 種類の舌部形状を Fig.3 に示す。

本実験では, 回転数 2500rpm 一定のもとで行った。出口流量はオリフイス流量計より, また軸動力はひずみ型トルク計より測定した。

また, ケーシング背面部における圧力測定は, 舌部中央を 0° とし, 30° 毎 12 カ所に静圧孔をもうけ, スキャニバルブを介してゲッチングマンノメータで行った。

Fig.1 A schematic of experimental

Fig.2 Form of impeller

可視化には、火花追跡法によって発生させたパルスを背面側と正面側の2方向から撮影した、また火粉法は炭素粉(カイロ灰)を遠心送風機入口部分より吸い込ませて撮影した。

4. 実験結果及び考察

4. 1 性能試験

舌部形状に対する性能試験結果を Fig.4 に示す。その結果、最大効率は Type A では 63.1%, Type B では 61.5%, Type C では 58.8%であった。Type A は他の舌部よりも圧力係数が高く、軸動力係数が低い値を示していることにより、結果として効率が一番高くなったと思われる。逆に、Type C に関しては効率の低下が顕著に現れている。これは軸動力係数がもっとも高い値を示していることが効率に影響したと考えられる。さらに、Type B, C の結果を比較する事により舌部先端を上方向に傾斜させると効率の低下に影響を与えることがわかった。

4. 2 背板面における圧力分布

次に、舌部形状に対する背面部の圧力分布結果を Fig.5 に示す。結果より流量比が小さいほど圧力は全体的に増大しているのが分かる。ここで、舌部形状が内部流れに影響すると思われる舌部近傍部分($\theta = 0 \sim 60^\circ$)の圧力分布注目すると、Type A の舌部は流量比を変化させても圧力分布は直線的に変化しているのに対し、他の Type の舌部では流量比が大きくなると θ の角度 0° での圧力が逆に上昇しているのがわかる。この結果より、Type A 以外の舌部では舌部近傍において流れに剥がれが生じ、その現象は流量比が大きくなるに従って顕著に現れていると思われる。 $\theta > 60^\circ$ では最高効率点において圧力分布の差はほとんどない。これより舌部形状の影響は流量比が小さいほど影響を及ぼすが、最高効率点においてはあまり影響を及ぼさないと考えられる。これらの結果より Type A が最も速度エネルギーを圧力エネルギーに変換していることが分かる。

4. 3 舌部近傍の可視化

代表的舌部 Type A において流量比 ϕ / ϕ_n を 0.2, 1.0 と変化させたとき、火花追跡法をもちいた時の背板面側と正面側の可視化結果を Fig.6 に示す。また、3 孔ピトー管による速度分布の可視化結果を Fig.7 に示す。火花追跡法の正面図と速度分布を見て分かるように、流量比が小さい場合($\phi / \phi_n = 0.2, 0.5$)では主流方向の流れが舌部入口のスクロール方向に引き込まれているのがわかる。また背板面側からの図を見ると流れに逆流が生じているのが分かる。最高効率時($\phi / \phi_n = 1.0$)では、低流量時と異なり流れが主流方向に流れており、背板面側から見た場合も逆流を生じていないのがわかる。正面から見た流れは、Fig.7 の 3 孔ピトー管による速度分布の結果からもより理解できる。

Fig.3 Tongue type

Fig.4 Characteristic curve

Fig.5 The pressure distribution

Fig.6 Flow visualization by spark tracing method

Fig.7 The velocity vector distribution

火粉法と数値解析によって、各舌部における流量比 ϕ/ϕ_n を 0.2, 1.0 と変化させた場合の可視化結果を Fig.8 に示す。数値解析は、レイノルズ平均したナビエストークス方程式を有限体積法によって離散化し、線形化された方程式系の連立方程式を得るために、SIMPLE アルゴリズムによって速度場と圧力場を関係付けて反復法により解く。時間積分法はオイラー陰解法を用いる。この数値計算は Fluent, Inc. の汎用熱流体解析ソフトウェア FLUENT/UNS を用いている。

火粉の可視化結果より、低流量時では、Type A, B, C とともに舌部上部に流れが鋭角的にぶつかっているのがわかる。解析結果を見ても流れが舌部上部に衝突し、さらに、舌部先端部で出口方向へ流れずにスクロール方向へ押し込む流れとなっていることが分かる。これらの結果から舌部下部で増速をし、圧力が低下していることが分かる。しかも、舌部下方の流れは舌部壁面に沿って流れずに、先端部で剥離をおこし流れ全体が乱れている。さらに Type C は舌部上面が上がっているため、出口に向かっていくはずの流れが舌部先端に当たり下方方向に押し流されている。最高効率時 ($\phi/\phi_n = 1.0$) では、Type A, B とともに乱れが少なく、流れが直線的に現れている。解析結果を見ても舌部先端によって流れが乱れることなく主流方向とスクロール方向に分割され、流れが非常に

スムーズに流れているのが分かる。

Type C においては、舌部近傍の流れが壁面に集中しており圧力が上がっていると思われる、そのため、主流方向流れとの圧力差から出口方向に吸い出されていると考えられる。これは本来最高効率時よりも高い流量比で起こる逆流現象である。すなわち、舌部形状によっては最高効率時に最適な流れを描くとは限らないと考えられる。

5. 結言

- 1) 火花追跡法と 3 孔ピトー管の速度分布結果より流量比を変化させたときの主流方向とスクロール方向への流れの様子を可視化することが出来た。
- 2) 火粉法と解析結果より流量比を変化させたときの舌部近傍の詳細な流れの様子が可視化、比較することが出来た。
- 3) 舌部付近の流れの詳細な現象を見るためには、火花追跡法、火粉法などの可視化手法と数値解析解析手法を比較することが有益である。
- 4) 総合的な判断をすると、今回使用した舌部の中で Type A がもっとも高く評価できる。

Fig.8 Flow visualization carbon ashes

Fig.9 Flow near the tongue

参考文献

- (1) 村田, 久保, 遠心送風機の変動流れ, 機論, 42, 353
- (2) 服部他 3 名, 遠心送風機の低流量機における逆流現象に関する研究, 機論, 42, 363
- (3) 菊山他 2 名, 遠心ポンプ羽根車流露内の圧力変動, 機論, 55, 518