1001 オイルストレーナーにおける内部流れの測定と数値解析 Measurement and Numerical Analysis of the Internal Flow in the Oil Strainer

○学 滝村 基樹 (東海大院)

正 円能寺 久行 (東海大工)

Motoki TAKIMURA, University of Tokai, 4-1-1 Kitakaname, Hiratsuka-shi, Kanagawa

Hisayuki ENNOJI, University of Tokai, 4-1-1 Kitakaname, Hiratsuka-shi, Kanagawa

Key Words: Automobile, Automatic transmission, Oil strainer, Internal flow, LDV, PIV, CFD

1. 緒論

AT(Automatic Transmission)車はエンジンからの出力をトルクコンバーターを介して車輪に伝達している。トルクコンバーターの作動油である ATF(Automatic Transmission Fluid)は、自動車の稼働時間が長くなるほど作動油内にスラッジ(オイルの劣化物や金属摩耗粉等)の混入量が増加する。オイルストレーナーはATF内のスラッジを目の細かい金網で濾過する装置であるが、金網が目詰まりを起こすと駆動系で圧力低下が発生し、故障の原因となる^{(1)~(3)}。それを予防するためにはオイルストレーナー内部の流れを十分に把握した上で設計する必要がある。

そこで、本研究ではオイルストレーナーモデルを作成し、レイノルズの相似則を用いて、オイルストレーナーが実際に使用されるレイノルズ数と同じ水の流れ場で実験を行う。モデル内部の流れは狭い空間内における三次元流れであるためLDV(Laser Doppler Velocimetry)とPIV(Particle Image Velocimetry)による測定、およびCFDによる数値解析を併用して行う。実験結果と解析結果の妥当性を十分に検討するとともに、オイルストレーナー内部における流れを実験的および数値解析的に明らかにする。

2. 実験装置および実験方法

2.1 オイルストレーナーモデル

本研究で使用するオイルストレーナーモデルをFig.1に示す。このモデルは実際に使用されている典型的なオイルストレーナーに基づいて設計され、モデルの内部寸法はX, Y, Z方向にそれぞれ145mm, 36mm, 145mmで、Y=18mmの位置に濾過用の金網(#200)が水平に張られている。流入口は矩形(12.5mm×80mm)、流出口は円形(直径19.6mm)であり、流入口と流出口の配置は偏っている。また、このモデルはレーザー光を通すために透明なアクリル樹脂で製作されている。

2.2 実験装置

実験装置をFig.2に示す。Tank1に溜められた水はTank2へ流入し、ポンプによってオイルストレーナーモデル内部に吸い上げられた後、Tank1へ戻る。ポンプの吐出し側には流量調節弁と流量測定用オリフィス板が取り付けられている。オイルストレーナーのまわりにはレーザーシートの光源、LDVのプロープ、高速度CCDカメラが設置できるようになっている。LDVには周波数シフターが取り付けられているため、正負の速度が測定可能である。LDVにおけるレーザー光の散乱粒子には平均粒径5 μ m東レ製ナイロンパウダー、PIVにおける散乱粒子には平均粒径50 μ mのKANOMAX製オルガソールを使用する。

2.3 実験方法

Fig.3にオイルストレーナーモデルにおける流速分布の測定断面を示す。X, Y, Z方向の速度成分はそれぞれU, V, Wとする。速度成分Uの分布は実線が交わる20の交点上でY方向にLDVで測定する。速度成分Vの分布は図

中に実線で表わされる11の断面上でLDV, PIVにより測定する。LDVによる速度成分Vの測定は下壁と金網との中間(Y=9mm)、および金網と上壁との中間(Y=27mm)の断面において測定する。また、速度成分UのLDV測定では金網付近の流速測定が困難であることから、CFDにより予測する。PIVによる測定ではレーザーシートによって測定断面上の粒子を照射し、その画像を側面から高速度CCDカメラで撮影する。実験条件としてオイルストレーナー内部の平均速度および流体直径を用いたレイノルズ数を $Re=2080, 1430, 170$ とする。

Fig.1 Oil strainer model

Fig.2 Experimental apparatus

Fig.3 Cross section for measurement of flow velocity distribution

3. 実験結果および考察

実際にはFig.3のような多くの断面上で測定したが、本章では代表的な断面Aにおける結果を示して論じる。

3.1 断面 A における Y 方向流速の分布

Fig.4 は断面 A の (a)Y=9mm および (b)Y=27mm における Y 方向速度成分(V)の分布を流出管内平均流速 V_0 (Fig.1 参照) で無次元化して示している。

また, Fig.5 は PIV によって得られた流れパターンであり, (a)流線と (b)速度ベクトルで示されている。

Fig.4 には LDV, PIV および CFD によって得られた各レイノルズ数の速度分布が比較されており, 測定値および計算値の妥当性を確認することができる。速度分布 V は流入口(X=28~40.5mm)の上部で急に大きくなっている。この部分の流れを Fig.5 の流れパターンで観察すると, 流入口から流入した流れが噴流となって上昇していることが分かる。また, 速度成分 V は左側では X=14mm 付近を中心に速度が正負に分かれており, 右側では全体的にほぼ零となっている。この断面を流れパターンでみると左側では空間が狭いため強い旋回流, 右側では空間が広いいため弱い旋回流となっている。Fig.4(a)はそれらの旋回流の中央を通る線上の速度分布であるため上述の左右の分布になったと考えられる。次に Y=27mm の金網上部では, 速度成分 V は流出口(X=15.25~34.75mm)の下部で多少大きくなっているが, 全体的に小さい。これは Fig.5 で見られるように, 金網を通過した流れがほぼ水平流れとなって流出口へ向かっているためと考えられる。

3.2 断面 A における X 方向流速の分布

Fig.6 に断面 A の 4 つの X 位置(a, b, c, d)における X 方向速度成分(U)の Y 方向分布を LDV により測定した結果を示す。U は流出管内平均流速 V_0 で無次元化されている。いずれの結果でも Y=18mm の金網近傍では LDV による測定は不可能であるため, CFD による予測を試みている。

Fig.6(a)は噴流の左側の位置における分布である。金網下部では Y=9mm を中心として流れ方向が正負(右左)に分かれ, 金網の近くでは大きな速度となっているが, 金網上部では小さな速度で流出口へ向かっている。Fig.6(b)は流入口の真上における分布であり, 速度成分 U が非常に小さく, Fig.4(a)の結果からも流れはほぼ垂直に上昇していると考えられる。Fig.6(c)および(d)は噴流の右側における分布であり, 金網下部では金網に沿う流れが大きく, 金網上部では流出口へ向かう流れとなっている。これらの位置における流れパターンを Fig.5 で観察すると, いずれもよく対応しており, 妥当な速度分布であることを確認できる。また, Fig.6 の速度分布は Fig.4 に比べてあまり揃っていない。これは Fig.5 が旋回流中の速度分布であることや任意の位置で随時流れが金網から流出しているためと考えられる。

4. 結論

(1) PIV における流れパターンの観察, LDV による流速

Fig.6 Distribution of flow velocity U/V_0 on cross section A of oil Strainer model

分布の測定および CFD による数値解析によってオイルストレーナーモデル内の複雑な三次元流れが明らかになった。

(2) V 速度分布の測定結果によると, 矩形流入口から流入する流れは噴流となってほぼ垂直に上昇し, 金網に衝突して一部は金網を直接通過し, 残りは金網下部に沿って空間内を放射状に広がりながら徐々に通過する。

(3) U 速度分布の測定により, 金網下部の空間では金網に沿う流れによって旋回流が形成され, また, 金網上部では任意の位置で金網を通過した流体が円形流出口へ吸収されるように水平に流れていることが分かった。

参考文献

- (1) 自動車年鑑ハンドブック, (2004), 354.
- (2) 大車林 自動車情報辞典, (2004), 124.
- (3) 石神輝男, AT 車のすべて, (1997), 2.

Fig.4 Distribution of flow velocity V/V_0 on cross section A of oil strainer model

Fig.5 Flow pattern on cross section A of oil strainer model