

撥水面でのスリップ流れの発生について

トライボロジー研究室

土井康博

1. 緒言

水ポンプやHDDのスピンドルモータなどに用いられる従来の溝つき軸受は、グループ部とランド部を交互に配置したときのせん断流量の差を圧力流れで補うことにより軸受を支持する構造になっている。しかし、表面の溝の管理は難しく、加工時間やコストがかかるという問題がある。

この問題を解決するため、以前から研究室では平らな面に対して撥水处理（表面で水をはじく）面と未処理面を交互に配置した軸受の研究を行っている。本研究では撥水处理を設けることで発生するスリップ流を確かめるために実験装置を設計・製作した。

2. 2重円管における流れ

スリップ流の発生を確認するためのモデルとして図1のような外半径 a 、内半径 b 、管長さ L の2重円管に粘度 μ の流体を流したときの圧力流れを考えた。入口の圧力を P_1 、出口の圧力を P_2 、境界部の圧力を P_3 とすると P_3 は、流量の連続性より導出でき、全面スリップなしと比べたときにスリップ流れ v の頂つまり P だけ差が生じるはずである。

$$P_3 = \frac{P_1 + P_2}{2} - \mu \cdot v \cdot L \cdot \left[2b^2 - \frac{a^2 - b^2}{\ln(a/b)} \right] \cdot \left[a^4 - b^4 - \frac{(a^2 - b^2)^2}{\ln(a/b)} \right]^{-1} \quad (1)$$

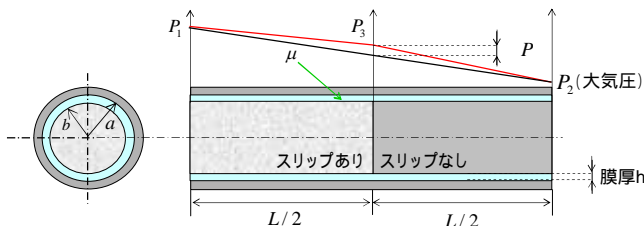


図1 2重円管のモデル

式(1)から、図2に $P_1=150\text{kPa}$ 、外半径 $a=14.2\text{mm}$ 、内半径 $b=14\text{mm}$ 、管長さ $L=150\text{mm}$ におけるスリップ率による管軸中央での圧力差を示す。ここでのスリップ率は全面スリップなしのときの最大流速 u_{max} に対して何%かで示している。一般的に発生しているといわれている15%のときを見ても、約4kPaと圧力計で十分測定可能な範囲といえる。

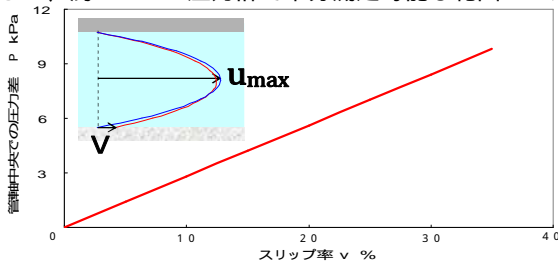


図2 スリップ率による管軸中央での圧力差

3. 実験装置の設計および方法

上記の計算結果を基に設計した実験装置の概略を図3に示す。ポンプで水を圧送して2重円管部の膜厚に流し、5箇所

の圧力を測定し、流れた水を貯めて流量を求める。

の試験片には全面撥水处理したもの、全面未処理、入口撥水处理出口未処理の3つを使い、実験をおこなう。

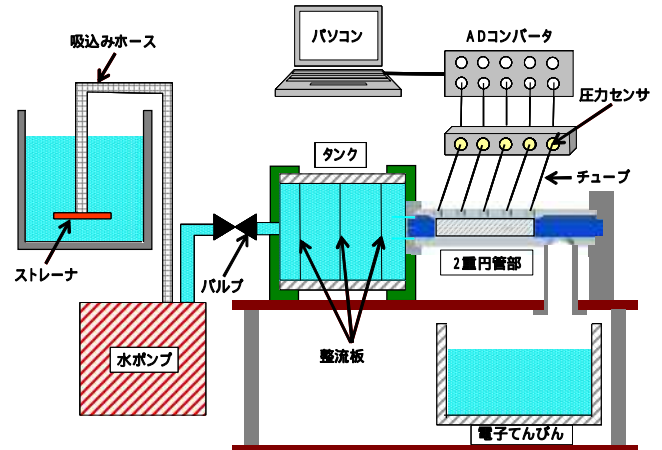


図3 実験装置の概略図

4. Ansysによる流路の速度解析および考察

実験装置を設計する前に、圧力穴を設けることにより流れに影響が出ないかAnsysで流路の解析をおこなった。

図4に流路の解析モデルを示す。このエリアに150kPa、出口のラインに0Pa、撥水处理のラインにスリップ流れ0.75m/s、その他のラインに0m/sの条件で解析をおこなった。このときのスリップ流れはスリップがないときの最大流速の15%で定義したときに出た計算値を用いた。

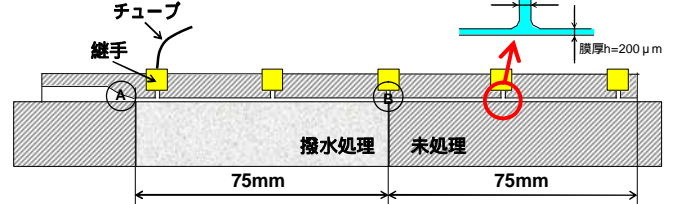


図4 流路の解析モデル

図5に(A)入口付近と(B)境界部の速度コンター図を示す。撥水处理と未処理の境界部を見てみると多少流れに乱れはあるがスムーズに流れていることが分かる。入口付近は膜厚にスムーズに入っている。

今後は、実験装置で実際に圧力と流量を測定し、スリップの有無や程度を検証していく。

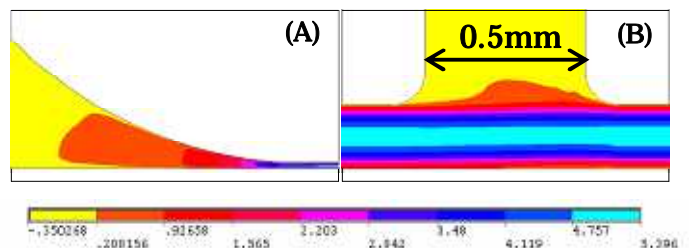


図5 (A)入口付近と(B)境界部の速度コンター図(m/s)