

静圧軸受の軸受面圧力分布解析

80021406 植田正俊 指導教員 青山藤詞郎

1. 結論

静圧空気軸受は、その優れた低摩擦特性と高い運動精度により、超精密工作機械の案内要素として多く適用されており、今後も利用される範囲は広がっていくと予想されている。

実際に設計するには必要な負荷容量、剛性、空気消費流量などを満たす設計になっているかが明らかにされている必要がある。そして、それらの軸受特性値を求めるには非常に難解な変微分方程式を解かねばならないため、空気軸受の設計には高い専門性が必要とされてきた。

そこで、本研究ではデスクトップコンピュータで運用可能で、且つ簡便なインターフェイスを持つ有限要素法プログラムを開発し、軸受特性値を簡便に求められるようにした。

また、有限要素法プログラムを用いて求めた静圧空気軸受の圧力分布から、表面絞り方静圧空気軸受の最適設計を行った。

2. 空気潤滑理論とレイノルズ方程式

空気軸受を設計するためにはその基本負荷特性、すなわち各設計パラメータが軸受にどのような影響を与えるかを把握しなければならない。そして、空気軸受の諸特性を定めるのは、次のようなレイノルズ方程式である。

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(h^3 \frac{\partial p^2}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(h^3 \frac{\partial p^2}{\partial y} \right) = 2 \left[6mU \frac{\partial(p h)}{\partial x} + 12m \frac{\partial(p h)}{\partial t} - 12m \frac{p_a}{r_a} \int_0^h q dz \right]$$

式(1)

従来からこの方程式に対するさまざまなアプローチが試みられてきたが、中でも汎用的に運用可能な解法が有限要素法である。本研究ではレイノルズ方程式を Galerkin 法を適用して離散化し、過大緩和法を用いて逐次計算を行っている。

3. 解の妥当性の検討

本研究で用いる有限要素法プログラムの解析値の妥当性を確かめるため、参考文献から得た実測値と解析値の比較を行った。Fig1 のようなモデルについて解析を行った結果、Fig2 のように定性的な一致を見ることができた。図に見られる誤差は、プログラムの仕様上、溝端点の接点と給気孔接点を一致させることができないことが主な原因であると考えられる。

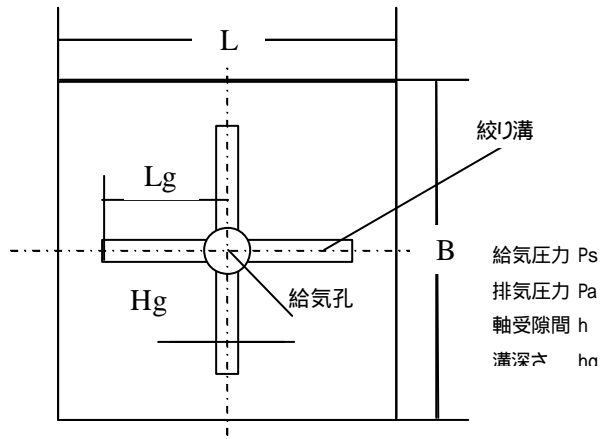


Fig1 解析対象の表面絞り型空気軸受

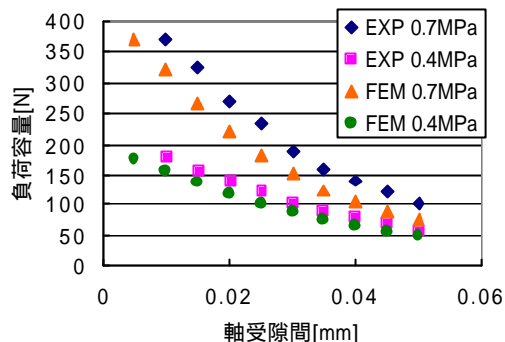


Fig2 解析値と実測値との比較

4. 絞りパラメータと無次元負荷特性

本研究において作成した有限要素法プログラムを用いて軸受モデルの絞りパラメータを変更した際に起こる負荷特性の変化を解析した。絞りのパラメータを変化させた各軸受において、Fig3 のように無次元化された剛性が最大となる絞り溝の深さと隙間の比が存在することがわかった。

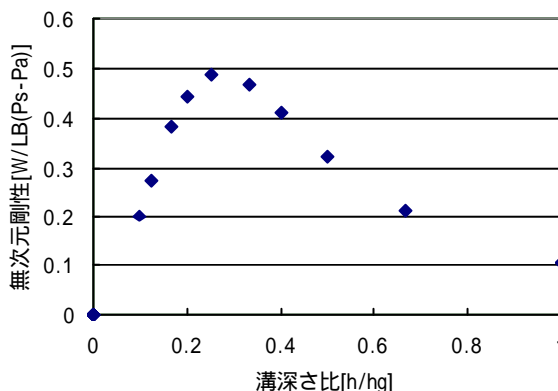


Fig3 溝深さ比と無次元剛性

5. 結論

本研究において得られた主な結果を以下に要約する。

- 1) 有限要素法プログラムを用いた空気軸受の性能計算システムを開発した。
- 2) 有限要素法による数値解析結果と実測値を比較し、プログラムの妥当性を確認した。
- 3) 絞り溝パラメータを変化させた各案内面の、無次元化された特性値は溝深さ比によって一意的に決定することが可能である。
- 4) 以上の知見を得て静圧空気軸受の最適設計を行った。