

軸方向型スロット絞り式静圧気体軸受の半径すきまがおよぼす負荷容量への影響

Effect of Radial Clearance on Load Capacity of axial type slot restrictor Aerostatic bearing

近畿大・理工（正）梶原 伸治 近畿大・理工（学）*川端 大嗣

近畿大・理工（学）奥田 尚基 近畿大・理工（非）谷 孝明

スターライト工業（非）・絹川 智哉 スターライト工業（非）・菊谷 慎哉

Shinji Kajiwara*, Tomoshi Kawabata*, Naoki Okuda*, Takaaki Tani*

Tomoya Kinugawa**, Shinya Kikutani**

*Kindai University, **STARLITE Co., Ltd.

1. 緒言

静圧気体軸受を用いて大きな負荷を支持する場合、給気絞りを軸受中央に円周方向に配置する構造が多い¹⁾。さらなる負荷容量の増大を目指して給気絞りを軸方向に複数配置した静圧気体軸受が考案されている²⁾。しかしながら、軸方向型の給気絞り、すなわちスロットのすきまと軸と軸受の半径すきまと負荷容量の関係は明らかになっていない。そこで、本研究では、軸方向型静圧気体軸受のスロットすきまおよび半径すきまが負荷容量におよぼす影響について調査を行った。

2. 実験装置および実験方法

使用した軸受の概略図を Fig. 1 に示す。軸の直径 $D=30\text{mm}$ に対してスロットは $16\text{mm} \times 16\text{mm}$ である。軸受材料は、PEEK（ポリエーテルエーテルケトン）樹脂を用いた。実験装置の概略図を Fig. 2 に示す。中央部に気体軸受を設置し、その両側の Z ステージを上部に並行移動させて、軸を軸受中心から移動させることによって、軸偏心状態を再現した。軸受の負荷容量は Z ステージのロードセルを用いて計測した。軸の偏心量は、渦電流式変位計を用いて測定し、半径すきまととの比率を偏心率として計算した。偏心率 ϵ は $0\sim0.8$ まで 0.2 刻みとした。なお、スロットすきま h_{sl} は $10, 20, 30, 40\text{ }\mu\text{m}$ とし、半径すきま C_r は $30\text{ }\mu\text{m}$ とした。

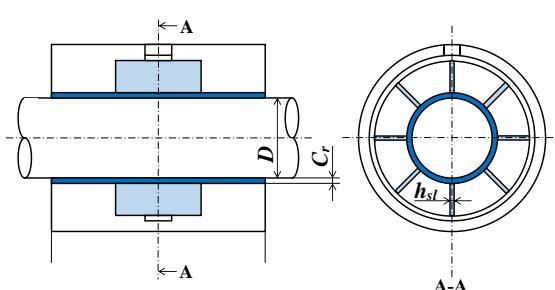


Fig. 1 Bearing model

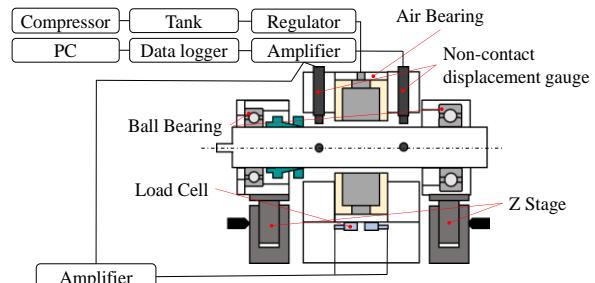


Fig. 2 Schematic of experimental apparatus

3. CAE 解析方法

実験と同様に負荷容量を明らかにするために scFLOW2021 を用いた CAE 解析を行った。軸受すきまとスロットすきまの空間を解析領域として設定し、メッシュは解析精度を確保するために解析空間の厚み方向に 2 以上となるように注意深く作成した。メッシュ数は約 300 万であった。解析条件は定常解析で層流とした。境界条件はゲージ圧規定で入口圧力を 0.2 MPa 、出口圧力を 0 MPa とした。この時のメッシュ分割例と境界条件を Fig. 3 に示す。流体の物性値は解析空間が非常に狭く密度変動を考慮するために圧縮性の空気 $20\text{ }^\circ\text{C}$ を適用した。半径すきま C_r を $20, 30, 40\text{ }\mu\text{m}$ の 3 種類、スロットすきま h_{sl} はそれぞれ、 $10, 20, 30, 40\text{ }\mu\text{m}$ の 4 種類で解析を行った。また、半径すきま C_r に対する軸心移動距離の割合の軸偏心率 ϵ は 0 から 0.8 まで変化させ、負荷容量を求めた。なお、これまでの CAE 解析より回転数がおよぼす負荷容量への影響は小さいため³⁾、今回は無回転での CAE 解析を行った。

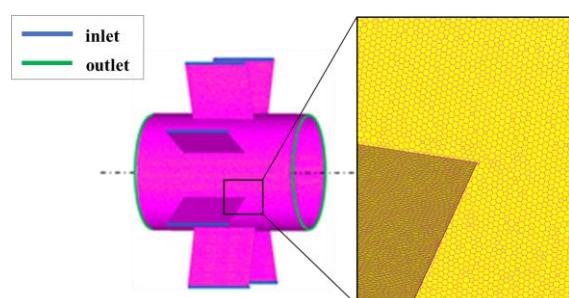


Fig. 3 Mesh arrangement and Enlarged view

4. 結果

実験結果として、半径すきま C_r30 の場合の h_{sl} と負荷容量の関係を Fig. 4 示す。この図より、いずれの偏心率の場合でも h_{sl} が 20 から 30 μm で負荷容量が最大となることがわかる。次に、CAE 解析の同様の結果を Fig. 5 に示す。この図より、いずれの偏心率においても実験と同様の傾向であり、CAE 解析の精度が十分にあることがわかる。偏心率 ε 0.4 の場合のスロットすきま h_{sl} と負荷容量の関係を Fig. 6 に示す。この図より、半径すきま C_r が大きくなると負荷容量が最大となるスロットすきま h_{sl} が大きくなることがわかる。また、スロットすきま $h_{sl}20$ における偏心率 ε と負荷容量の関係を Fig. 7 に示す。この図より、いずれの場合も偏心率と負荷容量は、ほぼ比例関係となった。

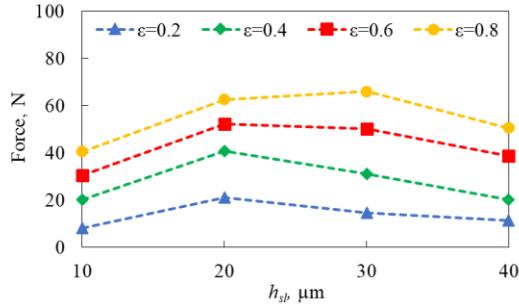


Fig. 4 Experimental result of C_r30

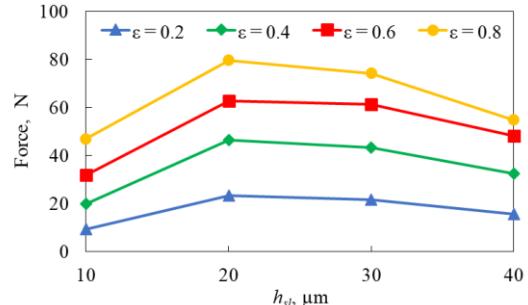


Fig. 5 CAE result of C_r30

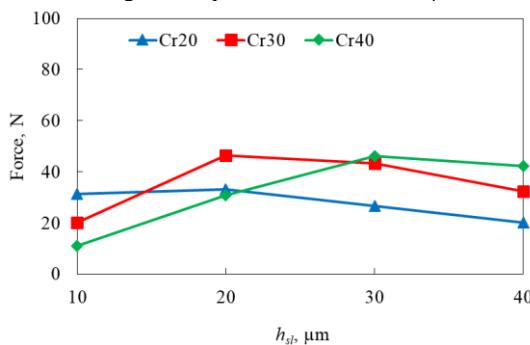


Fig. 6 CAE result of $\varepsilon = 0.4$

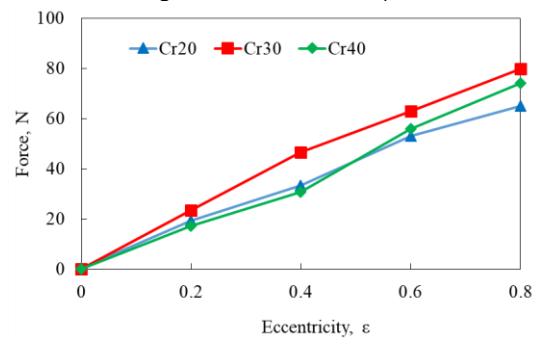


Fig. 7 Relation of eccentricity and force of $h_{sl}20$

5. 考察

偏心した際の負荷容量は軸表面の圧力を周積分したものと考えることができる。そこで、半径すきま C_r30 の軸表面の圧力分布を示す。Fig. 8 (a)には $h_{sl}10$ 、Fig. 8 (b)には $h_{sl}20$ 、Fig. 8 (c)には $h_{sl}40$ の場合をそれぞれ示す。なお、軸は 0° 方向に偏心率 0.4 で偏心している。これらの図より、スロットすきま $h_{sl}20$ の場合が最も 0° 方向と -180° 方向の圧力差が大きくなっていた。そのため、結果として負荷容量が最も大きくなつたと考えられる。半径すきま C_r30 に対し、スロットすきま $h_{sl}10$ では十分に空気を供給できず大きな圧力差が生じなかつた。また、スロットすきま $h_{sl}40$ では供給される空気が多いため、大きな圧力差が生じず負荷容量が低下したと考えられる。

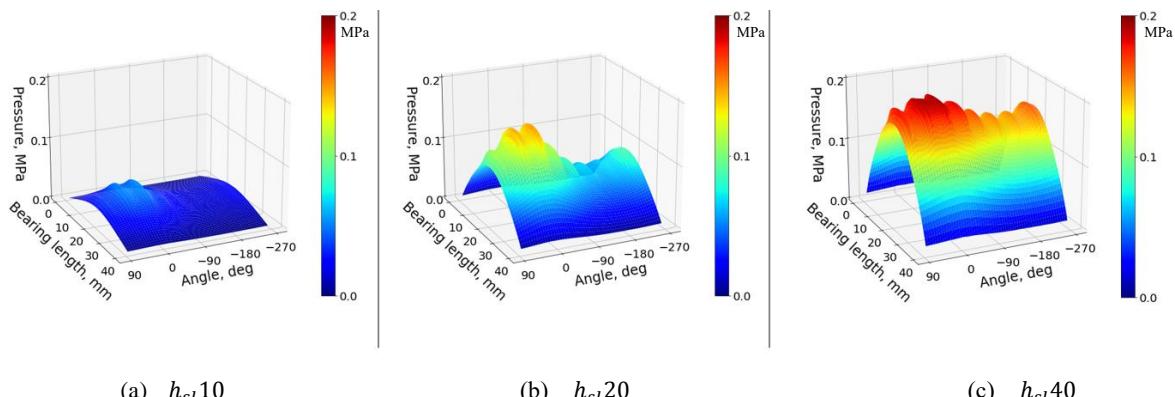


Fig. 8 Pressure distribution of shaft surface

文献

- 1) 十合・河島・伊勢・引地・遠藤・前田：気体軸受技術—設計・製作と運転のテクニック— 共立出版 (2014)
- 2) 中塚・伊勢・長尾・浅見・絹川・西村：軸方向スロット絞りを有する静圧気体軸受の性能評価、日本機械学会関西支部講演会講演論文集、92 卷、(2017)
- 3) 谷・奥田・川端・梶原・絹川・菊谷：軸方向型スロット絞り式静圧気体軸受の性能評価に関する研究、トライボロジーカンファレンス 2022 秋 福井、D4、(2022)