

127 高レイノルズ数領域で作動するジャーナル軸受の特性

A characteristic of a journal bearing in a number of high Reynolds domain

原田 正躬 (埼玉大) ○塚崎 重多郎 (埼玉大) 山本 浩 (埼玉大) 万 弁 (埼玉大院)

Masami HARADA, Jyuutaro TSUKAZAKI, Hiroshi YAMAMOTO, Kin MANN
Saitama University, 255, Shimookubo, Saitama-City, Saitama

In this study, we measured bearing pressure and friction torque in a journal bearing in a number of high Reynolds domain. According to the experiment result, pressure tends to become small in high Reynolds number. In addition, we understood that a range to occur became narrow. Furthermore, in high Reynolds number, the load capacity and the friction torque tended to decrease in comparison with a calculation result.

Key Words: Journal bearing, High Reynolds number, Bearing pressure, Friction torque, Load capacity

1. 緒言

LNG タンカーや宇宙ロケットで使用されるポンプ等に用いられる軸受では、作動液体がそのまま潤滑剤に用いられる。それらの粘性係数は通常使用される低粘度潤滑剤の1/10程度で、潤滑膜のレイノルズ数が50000以上にもなる。従来用いられてきた低い乱流域における軸受性能の理論計算結果とは一致しないのが現状である。

本研究は、高レイノルズ数領域におけるジャーナル軸受の特性(潤滑膜圧力、負荷容量、摩擦トルク)を実験的に測定し、さらに従来の乱流潤滑理論による計算結果と比較することにより、高レイノルズ数領域における軸受特性を明らかにすることを目的とした。

2. 実験装置

本研究で製作した実験装置の概略を図1に示した。実験では軸受を浮動型とし、軸受潤滑膜圧力の測定、トルクの測定など精度良く測れるようにした。供試軸受の大きさは、回転軸直径100mmでステンレス製とした。供試軸受は黄銅製で、平均半径隙間 c は0.45mmとした。また、軸受幅 L は75mmで、 $L/D=0.75$ を二列に配置した。回転軸はアンギュラ玉軸受で支持されており、供試軸受が自由に変位することができる。潤滑剤として比較的粘性係数が小さく、熱容量が大きく、さらに温度変化の影響の少ない水を圧力100kPa、流量9l/minで供給した。

図2に軸受の摩擦トルクを測定するための装置を示した。供試軸受に加える荷重は、軸受下部に設置した空気圧によるダイアフラムで負荷することができる。摩擦トルクは、供試軸受両側に設置したアームと荷重変換器で測定することができる。さらに軸受内圧力の測定は、供試軸受にあけた0.5mmの圧力測定孔からブルドン管圧力計で測定した。円周方向の圧力は、供試軸受を15°ごとに回転させて測定することができる。なお、実験では偏心率を0.8に設定して測定した。

3. 実験結果

3.1 潤滑膜圧力

図3に潤滑膜圧力の測定結果を示した。レイノルズ数が高くなるのに伴って、潤滑膜圧力は高くなるがレイノルズ数の高い領域では発生する圧力範囲が狭くなる傾向があることがわかった。レイノルズ数が15000から25000では発生する潤滑膜圧力はレイノルズ数に対応して増加

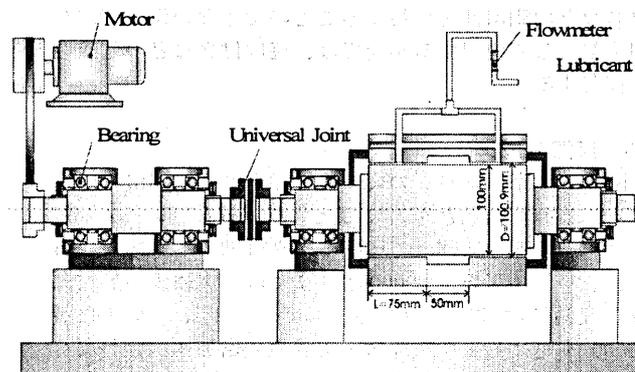


Fig. 1 Experimental apparatus

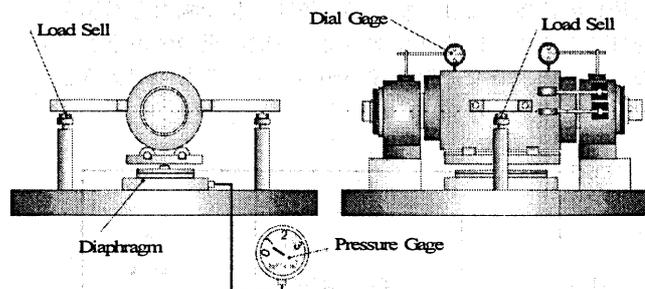


Fig. 2 Measurement of friction torque

するが、レイノルズ数が33000および44000の高レイノルズ数領域では、レイノルズ数の増加に伴う潤滑膜圧力の増加はわずかであった。

図4に潤滑膜圧力を無次元化して従来の乱流潤滑理論による計算結果と比較して示した。レイノルズ数が約10000を越えると角度位置が小さい領域から最高圧力位置まで、計算値と比較して実験値は小さな値となり、潤滑理論の適用限界がこのレイノルズ数領域近傍であることが推定できる。また、この領域では圧力の発生が高い角度位置に限定されることから、潤滑膜圧力に基づく水平方向成分の力が小さくなり、偏心角は低レイノルズ数の通常の軸受よりも小さくなることを示唆している。

3.2 負荷容量

図5に負荷容量の理論計算結果と実験結果とを示した。それぞれの結果はレイノルズ数とゾンマーフェルド数の逆数との関係で整理した。負荷容量 (1/S) の実験値は潤滑膜圧力の積分値から求めた結果である。レイノルズ数が増加するにしたがって負荷容量も増加するが、レイノルズ数が10000を越えると、潤滑膜の圧力は増加する傾向にあるが負荷容量の増加はほとんどなく、高レイノルズ数では負荷容量は減少し、理論計算結果より少なくなる傾向があることがわかった。乱流域では見かけの粘性係数は局所レイノルズ数の増加に伴って変化することを考慮する必要がある。隙間の厚さによって粘性係数を一定として計算した理論計算によって軸受の特性を求めることのできる適用限界がこのレイノルズ数近傍であることが推察される。これらの結果から、10000を越えるような高レイノルズ数で作動する軸受では、偏心率が大きくなることから、軸受の最小隙間が理論に基づいて計算される値よりも実験値の方が小さくなることから、液化ガスなどの潤滑性を期待することのできない作動液体を潤滑剤として使用する軸受では、焼け付きなどの危険性が存在する。

3.3 摩擦トルク

図6は、摩擦トルクの実験値と従来の乱流潤滑の理論式による計算結果とを比較したものである。レイノルズ数が増加するのに伴って摩擦トルクは増加する傾向にあり、レイノルズ数が10000程度までは、実験値の無次元量と理論値はほぼ一致する。しかし、レイノルズ数が10000を越えると、計算値と実験値の増加率は合わなくなり、実験値の増加割合が少なくなる傾向が見られた。負荷容量と同様にこの範囲が理論式の適用限界であると思われる。さらに理論計算結果は、潤滑剤の供給圧力、給油口の位置および形状、軸受隙間、軸受幅など影響を受けるもので、理論計算結果より実験結果の値が小さいのは、そのような条件の違いからも生じるものであると考えられる。

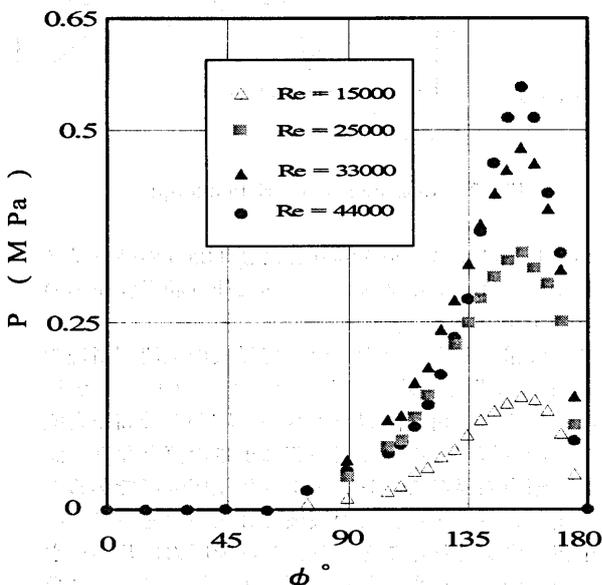


Fig. 3 Measurement result of bearing pressure

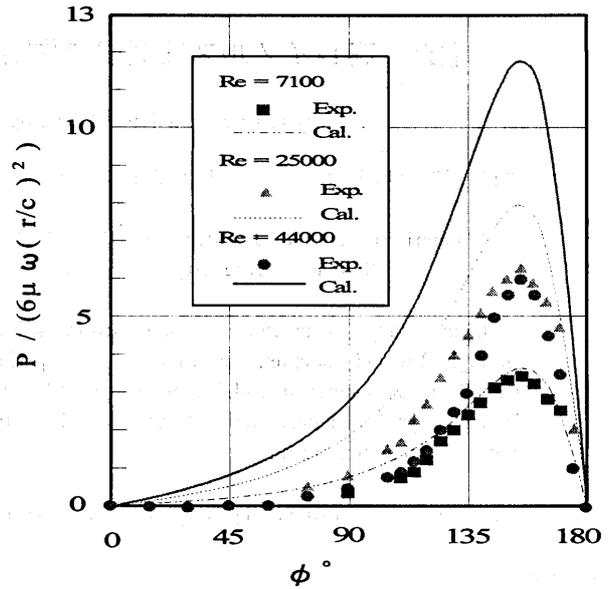


Fig. 4 Non dimension pressure

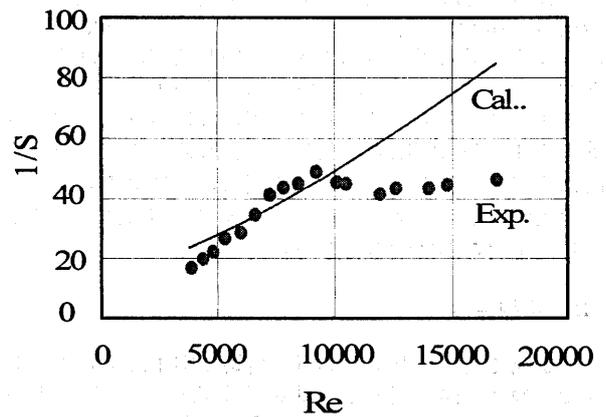


Fig.5 Relation of Re and 1/S

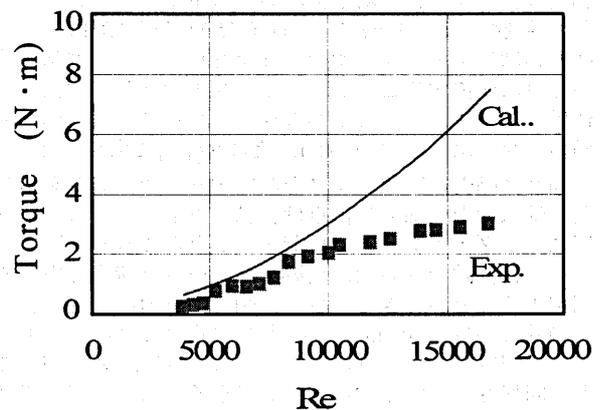


Fig. 6 Friction torque

4. 結言

本研究における、潤滑膜圧力、負荷容量および摩擦トルクの測定結果から、レイノルズ数が10000を越えると、従来の乱流潤滑理論により軸受特性を決定することができないことが明らかとなった。