621.822.5

静圧気体ジャーナル軸受の動的特性におよぼす気体膜の慣性力の影響*

(第2報, ホワールおよび無回転時の振動特性の解析)

森 淳暢**, 青山邦明***, 森 美郎**
Atsunobu MORI, Kuniaki AOYAMA, Haruo MORI

慣性力を無視して導かれた従来の非定常レイノルズ方程式を基礎に展開した Lund⁽¹⁾の解析結果では, 静圧気体ジャーナル軸受のホワール開始時の軸回転速度は, 設計条件のいかんにかかわらず, ホワール速度の2倍となるが, これは Larson-Richardson⁽²⁾, 谷口⁽³⁾や著者ら⁽⁴⁾⁽⁵⁾の報告に見られる実験事実とは一致しない. また, 無回転時の振動に対するスクイーズ減衰についても, Mullan-Richardson⁽⁶⁾の研究に見られるごとく, 解析結果は実験結果と一致しない. これらは, 従来のレイノルズ方程式が気体膜の慣性力を全く無視していることに起因している.

本報告は, 第1報⁽⁷⁾で提案した修正レイノルズ方程式とその境界条件を適用して, 静圧気体ジャーナル軸受のホワールと無回転時の振動特性を解析し, これまでに得られている実験結果と比較検討したものである.

ホワールが問題となるような高速回転軸を支える静圧気体ジャーナル軸受では, 負荷(軸受荷重)は一般に軸の自重のみで, 偏心はほぼ零とみなすことができる. したがって, ホワールの解析に当たっては, 軸受中心まわりの微小な定常ホワールを想定して, 半径方向と接線方向の力のつり合いから安定・不安定を判別する方法を用いる. また, 修正レイノルズ方程式から気体膜力を求めるに当たっては, 微小せつ動法を適用し, 線形化する. 線形化後の修正レイノルズ方程式は, 与えられた境界条件の下に簡単に数値積分できる.

このようにして解析されたホワール比は, 従来の結果が設計条件のいかんにかかわらず2となるのに対して, 設計パラメータ(給気部の抵抗に対する軸受のすきま部の抵抗の比)が小さくなる(軸受すきまが大きくなることに対応)につれて, 2から外れ, 次第に大

きくなる. その傾向は, 給気圧力が高いほど, 給気孔径, 給気孔数が大きくて, 給気流量が多いものほど, また, L/D が小さい設計ほど顕著となる. 一方, ホワール速度と直接関係する半径方向の膜力については, 慣性力の影響はほとんど受けず, 従来の解析値との差異は小さい. これらの結果は文献(2)~(5)の実験事実と定性的に一致し, 境界条件への実験的な修正係数の導入で, 量的にもかなり良い一致が見られる.

無回転時の振動特性の解析に当たっても, 無偏心近傍の微小な正弦波振動を仮定して, 修正レイノルズ方程式を線形化し, 気体膜力を求める. 気体膜力を変位と同相の剛性と, 変位速度と同相の減衰係数の形で表し, 実測値と比較する.

解析された減衰係数は, ホワール比と同様に, 設計パラメータが小さくなるにつれて従来の解析値から外れ, 次第に大きくなる. その傾向は, 給気圧力の高いほど, 給気流量の多い設計ほど顕著である. 剛性もこれらのパラメータの影響を受けるが, 一般にそれは小さく, 従来の解析値と大差はない. これらの結果も実験結果との間に良い一致が確認される.

このように, 静圧気体ジャーナル軸受の重要な動特性, すなわち, ホワールとスクイーズ減衰特性は気体膜の慣性力の影響を大きく受けるが, 本研究で提案した修正レイノルズ方程式と境界条件は, 設計条件の広範囲にわたって, その影響を適正に評価し, 従来の解析では定性的にすら予測しえなかったホワール比や減衰係数を, 量的にも比較的正確に予測しうる.

文 献

- (1) Lund, J. W., *Trans. ASME, Ser. F*, **89**-2 (1967-4), 579.
- (2) Larson, R. H. and Richardson, H. H., *Trans. ASME, Ser. D*, **84**-4 (1962-12), 511.
- (3) 谷口・ほか2名, 機論, **33**-250 (昭 42-6), 997.
- (4) Mori, A. and Mori, H., *Proc. 7th International Gas Bearing Symposium*, (1976), A6, BHRA.
- (5) 森・ほか2名, 機論, **44**-382 (昭 53-6), 2132.
- (6) Mullan, P. J. and Richardson, H. H., *ASLE Trans.*, **7** (1964), 277.
- (7) Mori, A., ほか2名, *Bull. JSME*, **23**-178 (1980-4), 582.

* 昭和 52 年 11 月 12 日 創立 80 周年記念講演会(大阪), 昭和 53 年 3 月 17 日 関西支部第 53 期定時総会講演会および昭和 53 年 10 月 11 日 第 56 期全国大会講演会において講演, 原稿受付 昭和 54 年 5 月 23 日. 本論文の詳細は *Bulletin of the JSME*, 23 巻 180 号に掲載.

** 正員, 京都大学工学部 (〒606 京都市左京区吉田本町).

*** 学生員, 京都大学大学院.