

AE センサによるすべり軸受の接触検知技術

Detection techniques on surface contact for a journal bearing with AE sensor

三菱電機（正）*山田 博之 三菱電機（非）保手浜 拓也 三菱電機（非）長房 智之

Hiroyuki Yamada*, Takuya Hotehama*, Tomoyuki Nagafusa**

*Mitsubishi Electric Co. Advanced Technology R&D Center, **Mitsubishi Electric Co. Shizuoka works

1. 緒言

すべり軸受は油膜による振動減衰や静粛性、長寿命などの長所のために回転機械の主軸支持に広く用いられる重要な機械要素である。回転機械においてすべり軸受での固体接触やそれに伴う損傷、焼付きは、機械損失の増加に加えて回転機械の停止、故障を招く可能性があり、通常は流体潤滑状態となるようにすべり軸受を設計する。しかしながら、実際の回転機械においては様々な要因によってすべり軸受で固体接触が発生する場合がある。

本報告では、広帯域型 AE センサを用いた接触検知を試み、電気接触抵抗や軸受温度上昇といった接触判定指標と比較することで、AE 法がすべり軸受の接触検知に適用可能か検討した。その結果について報告する。

2. 実験

Figure 1 に試験装置の概略図を示す。本試験ではハウジングの両端に 2 つの軸受を取付け、回転軸を支持した。軸受の諸元を Table 1 に示す。軸の一端にはカップリングを介してサーボモータを取り付け、軸を回転駆動させた。またカップリングとサーボモータの間にトルクメータを設け、試験中の軸トルクを計測した。軸に取り付けた転がり軸受の外輪を押し上げることで、鉛直上向きの荷重を軸に負荷した。

接触検知の検討にあたって、軸と軸受の確実な接触を再現するために焼付き試験を実施した。Table 2 に試験条件を示す。荷重が低負荷の流体潤滑領域から、金属接触を伴う混合潤滑を経て、焼付きに至るまでの過程における AE 信号を計測するとともに、軸-軸受間の電気接触抵抗値および軸受温度の同時計測も実施した。

3. 結果と考察

Figure 2 に試験中の摩擦係数および電気接触抵抗、軸受温度の測定結果を示す。Fig. 2 より試験最初期の摩擦係数は、荷重値が小さいことや計測バラつきなどで大きく変動しているが、約 500 N 以上の範囲ではバラつきが小さく安定した計測ができている。2000 N 程度まで荷重の増加とともに摩擦係数が低減し、最小で約 0.01 という値を示していることがわかる。3000 N 程度まで低摩擦係数を維持した後、摩擦係数が急増していることがわかる。この時、Fig. 2(b) の電気接触抵抗値の結果をみると、軸受 1 で 2500 N、軸受 2 で 3200 N において接触電気抵抗の低下が確認できる。また Fig. 2(c) の軸受温度においては、電気接触抵抗値と同様に軸受 1 で 2500 N、軸受 2 で 3200 N において数℃程度の軸受温度の上昇が確認された。

Figure 3 に AE 信号の FFT 分析をしたパワースペクトルを示す。Fig. 3 より軸受 1 で金属接触が発生したと推定する 2500 N 以上の荷重領域を見ると、約 100k~300kHz を中心とした周波数帯において AE 信号スペクトルの強度が増加していることがわかる。さらに高荷重領域になるほど上記周波数帯の信号強度が増加するとともに、約 700 kHz までの周波数帯においてもスペクトル強度の増加が確認できる。Fig. 3 において、100 k~300 kHz の周波数帯に着目すると、軸受温度上昇や接触抵抗低下から推定した荷重（約 2500N）よりも低荷重領域から信号強度が増加していることがわかる。これは AE 法がより軽微または断続的な金属接触を検知可能であることを示唆する結果である。以上より AE 法を適用し、AE 信号の 100 k~300 kHz の周波数帯に着目することで、従来よりも更に高感度に金属接触を検知することが可能と考える。

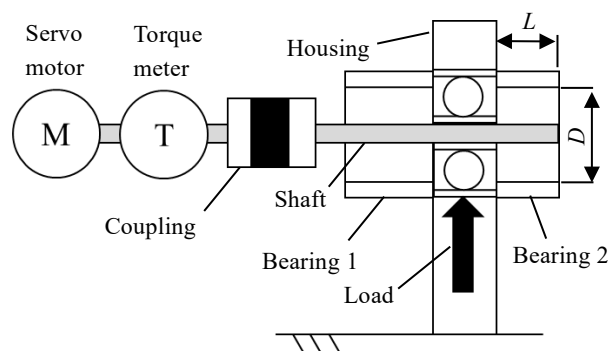


Fig. 1 Schematic diagram of a test apparatus

Table 1 Specifications of journal bearings

	Bearing 1	Bearing 2
L/D	2.15	0.97
C/R	2.25×10^{-3}	

※ L : bearing width, D : bearing diameter($=2R$), C : clearance

Table 2 Test conditions

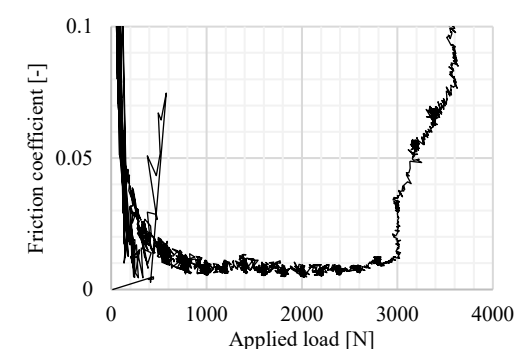
Rotating speed [rpm]	900
Applied load [N]	0 ~ seizure, 200N step
VG rank of test oil	VG22
Temperature of supply oil [°C]	25

Figure 4 に AE 信号のリニアスペクトルのオーバーオール値（以降，OA 値）を示す．Fig.4 からわかるとおり，前述のパワースペクトルの結果と同様に，軸受 1 において 2000 N 程度から，OA 値が増加し始めていることがわかる．同様に軸受 2 においても 2600 N 程度から OA 値が増加しており，軸受 1 と同じく電気接触抵抗や軸受温度よりも高感度に金属接触を検知できることがわかる．また今回の結果は，AE 信号のリニアスペクトルの OA 値を用いることで軸受における金属接触を定量的に判定できる可能性を示唆するものである．

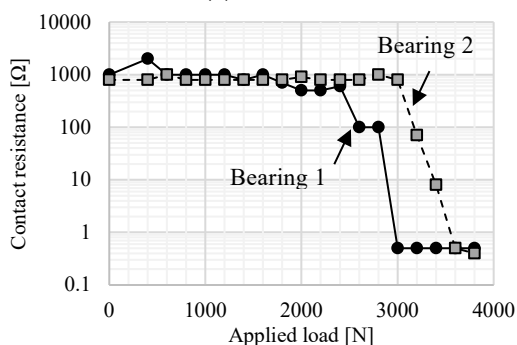
4. 結言

本報告では，広帯域型 AE センサを用いた接触検知を試み，電気接触抵抗や軸受温度上昇といった指標と比較することで，AE 法が軸受の接触検知に適用可能か検討した．その結果，以下の結論を得た．

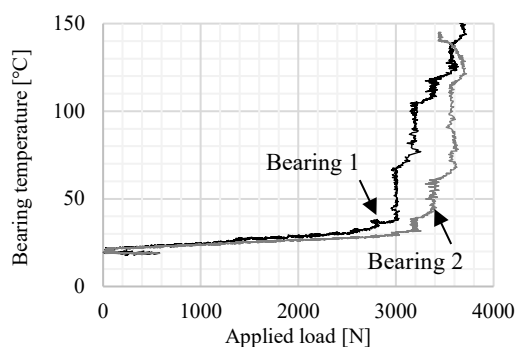
- (1) 広帯域型 AE センサを用い，取得した AE 信号を周波数分析することで金属接触の検知が可能である．また本試験範囲において金属接触時の特徴周波数帯は約 100 k~300 kHz である．
- (2) AE 信号のリニアスペクトルのオーバーオール値を用いることで接触検知を定量的に評価可能である．
- (3) AE センサは電気接触抵抗値や軸受温度よりも軽負荷の領域の金属接触を検知できる．



(a) Friction coefficient



(b) Electric contact resistance



(c) Bearing temperature

Fig. 2 Measuring results during the seizure test

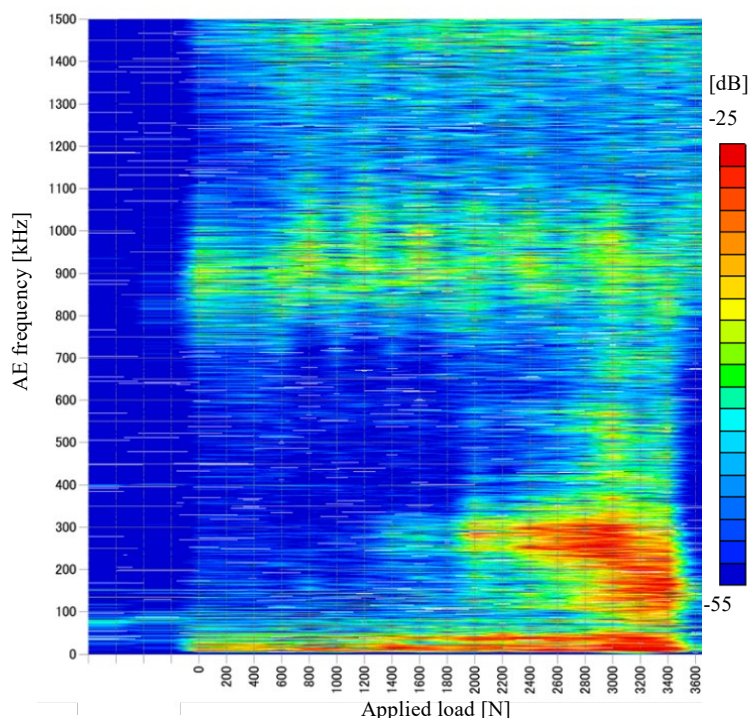


Fig. 3 FFT analysis result of AE signals in Bearing 1 during the seizure test

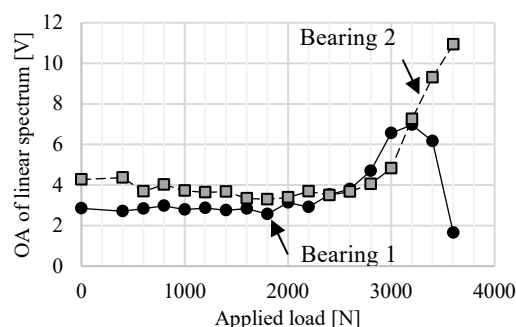


Fig. 4 Overall of linear spectrum for AE signal during the seizure test