軸振動モニタリングに関する一考察*

志賀元弘^{*1}, 佐藤一男^{*1}

Consideration of Monitoring on Shaft Vibration

Motohiro SHIGA and Kazuo SATO

To monitor the shaft vibration of a rotary machine, the rotating pulse signal and the shaft vibration signal are detected by one vibration sensor, and vibration data is derived from this measured result by data processing. The vibration wave is analyzed, and the characteristics of the shaft vibration are gained. This method is applied to a measurement of the shaft vibration of a vertical-type rotary machine. A method by which the position of a rotor on a vertical direction is gained, is shown. This method is applied to a rotary machine. From the measurement of the position of the rotor on the vertical direction, the state of the rotor and the variance of the bearing gap according to the rotation are known in the rotation. By use of this result, we can monitor the magnitude of the abrasion of the bearing.

Key Words: Vibration, Vibration of Rotating Body, Diagnosis, Shaft Vibration, Vibration Measurement

1. ま え が き

回転機械に異常が発生すると軸振動や機械の振動が大きくなる場合が多い。そのために、回転機械の予防保全を目的として、機械の振動を監視するとともに異常が発生したときの原因究明を計算機を利用して行う異常診断システムが開発されている⁽¹⁾。

軸振動診断において、回転速度に同期した振動の大きさや位相の測定が基本になる。振動位相を測定するために回転パルス信号が必要であり、回転パルスの検出に振動センサを利用する場合が多い。この回転パルス検出用振動センサを利用して軸振動を同時に測定することが可能である。そこで、1個の振動センサを利用して回転パルスと軸振動を検出し、この信号からデータ処理により振動データのみを取り出し、振動波形の分析を試みた、また、振動センサで検出された信号から振動成分を除き、軸の位置を測定することも試みた。

本報では、1個の振動センサで回転パルス検出と軸振動検出を行い、この結果から振動データのみを取り

出し、振動波形の分析を行う方法を示し、また、振動センサの信号から軸の位置を測定する方法を示す。さらに、これらの方法をたて軸回転機の軸振動測定に適用した例について報告する。

2. 軸 振 動 測 定

2.1 データ処理手順 1個の振動センサで回転パルス検出と軸振動測定を行うために、次のような手順でデータ処理を行った。

- (1) 振動センサにより軸位置を検出する。
- (2) 振動計を用いて振動センサの出力信号を振動レベルに変換する。
- (3) 振動計の出力信号をA/D変換器によりデジタル量に変換する。
- (4) データ処理装置により軸振動成分の抽出および振動波形の分析を行う。
- (5) 軸振動特性を出力装置に表示する。

2.2 回転パルスデータと軸振動データの分離

無接触形変位センサを回転軸に対向させて静止部に取付け、回転パルスおよび軸振動の検出を行った。軸に凹部を作り、その部分が振動センサの位置を通過するときに発生する信号を回転パルス信号として利用し、その凹部以外の部分について軸と振動センサの間

* 昭和63年11月25日 関西支部第248回講演会において講演、原稿受付 昭和63年4月28日。

*¹ 正員、(株)日立製作所機械研究所(〒300 土浦市神立町502)。

の距離を測定した。

振動計の出力信号が基準値を越えて変化したときにこのデータをパルス信号と判定して、それ以前の2個のデータを利用した直線により外挿して振動値を決定した。基準値は凹部の深さや軸と静止部の間隔などを考慮して、データとして入力する。今回の測定においてA/D変換器でサンプリングされたデータの中に占めるパルス信号の数が少ないので、前記の方法でパルス信号と振動データの分離ができた。なお、最初のデータが回転パルスデータであるときに、この方法でデータ処理を行うと、回転パルスの信号を振動データと判定するために、誤った処理がされる。そこで、2番めから数点のデータが続けて回転パルスデータと判定された場合には、このときの測定データの処理を中止させた。

上記の方法のほかに、変位量の平均値を最初に求め、平均値から基準値以上離れた値はパルス信号と判定する方法が考えられる。この方法は平均値を求めるための計算時間だけよけいに処理時間を必要とする。このような処理方法を利用すれば最初のデータが偶然に回転パルス信号であっても、回転パルス信号と振動データの分離が可能である。この方法を利用すれば変位量の平均値との差を求めて、回転パルス信号データ群と

軸振動データ群に分けることができる。

2.3 軸振動測定例 回転パルス検出と軸振動検出を行い、データ処理によって軸振動特性を測定する方法を、縦軸の回転機の軸振動測定に適用した例について説明する。

図1は回転パルス信号および軸振動データである。(a)は回転パルス信号および軸振動データであり、(b)はデータ処理を行い回転パルス信号を取り除き軸振動データを求めた結果である。この図は軸の断面内の直角座標軸の2方向について変位を測定して、平面内の軸の振動状態をリサージュ図により表したものである。図の(b)のように回転パルス信号と軸振動データの分離ができた。

図2は振動波形および周波数成分を示したものである。図の(a)は回転パルス信号を取り除き振動データのみを求めたときの振動波形および波形の周波数分析結果である。この結果から、回転速度に一致する16 Hz成分が多いことがわかる。図の(b)は回転パルス信号を含む波形の周波数分析結果である。この図には多数の周波数成分が含まれており、このように回転パ

(a) 回転パルス信号および軸振動データ

(b) 軸振動データのみ

図1 回転パルス信号および軸振動データ

(a) 振動波形および周波数成分

(b) 回転パルス信号を含む波形の周波数成分

図2 振動波形および周波数成分

ルス信号が入るとその周波数分析結果は振動波形の正しい結果が得られない。

図3は測定データを周波数分析して得られた振動特性である。この図は回転速度を変えたときの周波数特性を求めた結果である。この図において、回転パルス信号の影響で非常に大きな直流成分(周波数零の成分)が表れるとともに、多数の振動数成分が現れる。このことは図2の結果から予想されることであり、このように回転パルス信号が入ると軸振動特性を正しく求めることはできない。

図4は振動波形データを分析して得られた振動特性である。この図は図3の場合と同じデータについて回転パルス信号を取り除き、軸振動データのみを取り出し、回転速度を変えたときの周波数特性を求めた結果である。この結果、振動の主成分は回転1次成分であり、通常回転体に現れる振動現象である。軸振動特性が図4のようになることを、図3の測定結果から予想することは困難である。このように、振動測定データにパルス状のノイズが含まれている場合に周波数分析すると、分析結果に誤差が入ることに気をつけなければならない。

3. 軸の位置の測定

3.1 データ処理方法 無接触振動センサを静止部に取付けて回転軸との距離を測定すると、この結果には軸振動と軸の静的な位置の情報が含まれている。軸の静的な位置は測定データの平均値を求めることによって得られる。このような軸の静的な位置をスラスト軸受位置について測定すればスラスト方向の軸の位置がわかる。

3.2 測定例 振動センサの信号から軸の位置の測定例として縦軸回転機の上下方向の位置の測定に適用した例について説明する。

図5は回転速度と軸の上下方向の位置の関係の測定

図3 測定データを分析して得られた振動特性

例である。これは縦形のポンプについて測定した結果であり、回転すると軸に上向きの力が作用する。低速回転速度において軸は下側軸受で支えられた状態になる。回転速度が上昇すると軸は浮上り軸受すきまの中で回転する。回転速度がさらに上昇すると上向きの力が大きくなり、軸は上側の軸受に近づく。この測定結果によれば回転速度750 rpm付近で上向きの力が大きくなり回転体が軸受の中で回転することがわかる。また、回転速度800 rpm以上になると軸受位置はあまり変化しなくなる。このように上下方向の位置を測定することにより、回転中の回転軸の状態がわかるとともに、回転速度による軸受すきまの変化もわかり、回転体の予防保全に関する有効な情報が得られる。

低速回転速度において軸が下側軸受で支えられた状態になるので、下側軸受の位置を測定することができる。下側の軸受が摩耗すると低速回転速度において図5の曲線より下方に移動し、上側の軸受が摩耗すると高速回転速度においてこの曲線より上方に移動する。

図4 振動波形データを分析して得られた振動特性

図5 回転速度と上下方向位置の関係

図 6 軸受の寸法の決定法

このような曲線の移動量を長期間にわたり測定することにより軸受の摩耗量を監視することができる。

回転軸の半径方向の静的な位置を測定すれば、回転体にどの方向に静的な力が作用しているかわかる。また、ラジアル軸受位置において測定すれば、運転中の軸受すきまが実測できる。

低速回転速度において回転軸はラジアル軸受にほぼ接する状態になる。そのため、軸受すきまの最大値と最小値を測定すれば、軸受の寸法を運転中に間接的に求めることができる。図 6 に軸受の寸法の決定法を示す。この図の内側の円は変位の測定データの存在する範囲を示しており、この円の大きさが軸受の寸法を表している。ただし、このような処理は軸受位置において低速回転速度で測定したデータをもとに行う必要が

ある。長期間にわたり軸受の寸法を測定すれば軸受寸法の変化がわかり、運転中の軸受の摩耗量を求めることも可能である。このような軸受位置を測定することは回転機械の予防保全の見地から非常に有効である。

4. 結 言

軸振動診断のために、回転パルス検出と軸振動検出を 1 個の振動センサで行い、この測定結果からデータ処理によって振動データのみを取り出し、さらに振動波形の分析を行い、軸振動特性を求める方法を示した。この方法を縦軸の回転機の軸振動測定に適用した。振動センサで直接測定したデータを周波数分析すると、回転パルス信号の影響で多数の振動数成分が現れて、軸振動特性を正しく求めることができない。データ処理を行い回転パルス信号を取り除くことにより振動特性が正しく得られるようになった。

また、縦軸の回転機の上下方向の位置を求める方法および測定例を示した。回転体の上下方向の位置を測定することにより、回転中の回転軸の状態がわかるとともに、回転速度による軸受すきまの変化もわかる。低速回転速度において回転軸は下側軸受で支えられた状態になるので、下側軸受の位置を測定できる。このように軸受位置を長期間にわたり測定すれば軸受の位置の変化量から軸受の摩耗量を監視することができる。

文 献

- (1) 例えば、佐藤・ほか 2 名、機論, 50-449, C (昭 59), 106.

討 論

〔質問〕 真 鍋 克 士 (鉄道総合研究所)

回転パルスと振動データとの分け方、すなわち回転パルスの除去法について具体的に示して欲しい。

〔回答〕 回転パルスの除去法は講演論文に記載されているように、次のとおりである。

出力信号が基準値を超えて変化したときにこのデータをパルス信号と判定して、除去する。

図で示すと、付図 1 のように振動値が P_1 , P_2 , P_3 と変化し、点 Q のように基準値 A を超えて変化したときに点 Q のデータをパルス信号と判定して除去する。なお、そのときの振動値は講演論文にあるように P_2 と P_3 の値を利用して直線により外挿して P_4 の値を利用している。

付図 1