

回転機器グリス補給周期及び振動測定の考察

CONSIDERATION ON GREASE SUPPLY CYCLE AND VIBRATION MEASUREMENT OF ROTATING EQUIPMENT

藤来洗裕[#], 菅沼和明, 山崎良雄
Kosuke Fujirai [#], Kazuaki Sukanuma, Yoshio Yamazaki
J-PARC center, Japan Atomic Energy Agency

Abstract

In order to operate rotating equipment such as a cooling water pump, it is necessary to supply grease suitable for bearings of rotating equipment. The grease replenishment interval has a value recommended by the manufacturer depending on the operation time. However, an abnormal noise occurred earlier than the replenishment cycle. I thought that the current grease replenishment cycle is not suitable for maintenance and management of rotating equipment. Therefore, I tried to search for suitable grease replenishment interval using a vibration sensor installed in the cooling water pump. As a result, it was found that the replenishment interval of grease is too long according to the manufacturer recommended value and should be supplied before the vibration acceleration value increases.

1. はじめに

J-PARC 3GeV シンクロトン冷却水設備では、冷却水循環ポンプなどの回転機器の保守管理を行っている。保守管理の一部であるグリス補給は、メーカーの推奨の周期でグリスを補給していたが、補給を行う時期より早いタイミングでベアリング部から異音が聞こえることがあった。異音が発生してからでは、ベアリングに損傷を与えてしまうためグリスの補給周期を変える必要がある。そこで、グリスの減りで発生する異音がどのタイミングで起きるのか、振動センサーが取り付けられている一次系循環ポンプ（ビームライン電磁石等冷却系）の値を詳細に調査することにした。本発表では、測定した振動データとグリスの補給周期について報告する。

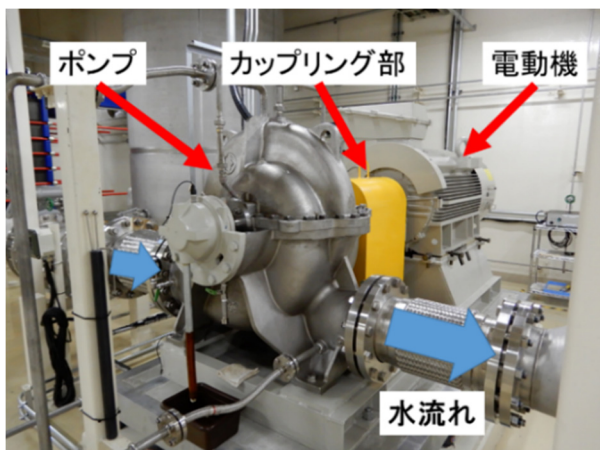


Figure 1: Appearance of cooling water circulation Pump.

2. 冷却水循環ポンプについて

2.1 冷却水循環ポンプの概要

冷却水循環ポンプは、ポンプの従動軸、モーターの駆動軸をカップリングでつなぎ、動力を伝達させている。Figure 1 に冷却水循環ポンプの写真を示す。詳細なポンプの仕様を Table 1 に示す。

2.2 冷却水循環ポンプの構造

本循環ポンプは両吸込みメカニカルシールタイプである。ベアリングは深溝玉軸受を使用しており、ベアリングカバーの上部からグリスを補給できる構造となっている。Figure 2 に冷却水循環ポンプの構造図を示す。

Table 1: Pump Specification

項目	仕様
ポンプ種類	両吸込渦巻きポンプ
揚程	100m
流量	978m ³ /h
回転速度	1475min ⁻¹
モーター出力	380kW
重量	1182kg

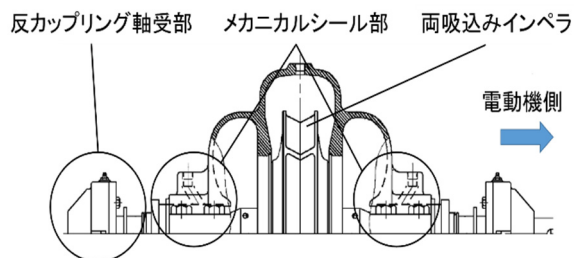


Figure 2: Structure drawing of cooling water circulation Pump.

[#] fujirai.kosuke@jaea.co.jp

3. グリスの補給について

3.1 グリスの補給量

グリスの補給量は、補給することができる空間容積の30%~40%程度が一般的とされており、回転速度の高い場合や温度上昇を低く抑えたい時は少なめに補給する。逆にグリスの補給量が多すぎると温度上昇が大きくなり、グリスの軟化による漏れ、又は酸化などの変質によってグリスの潤滑性能の低下を招く場合もある[1]。Figure 3に反カップリング側軸受部の構造図を示す。この図のオレンジ色の部分がグリスを補給できる空間である。

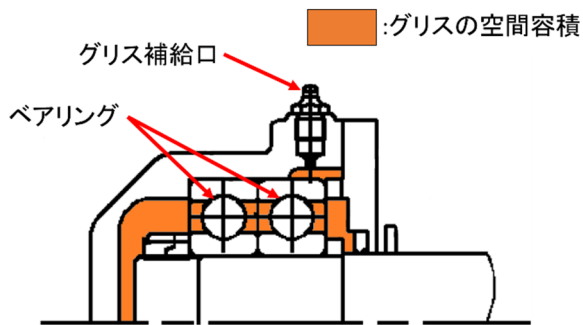


Figure 3: Structure drawing of coupling Part.

3.2 グリスの補給周期と異音の発生

本ポンプはメーカー推奨運転時間の3000時間を超えた時にグリス補給を行っている。グリスの補給量としては空間容積の約30%程度補給して、ベアリングが1つ取り付けられているカップリング側には85g、ベアリングが2つ取り付けられている反カップリング側に170g補給している。ところが、ベアリング部から異音が発生した場合にスポット的に補給を行っている。そこで、グリスの減りで発生する異音がどのタイミングで起きるのかを、循環ポンプに取り付けられている振動センサーで調査した。

4. 振動測定とグリス補給のタイミング

4.1 振動センサーの仕様

グリスの減りで発生する異音の調査のためにポンプ軸受部のカバーに取り付けてあるセンサーで振動測定した。振動測定の間隔は1時間おきにデータのサンプリングを行った。Table 2にセンサー仕様を示す。

Table 2: Sensor Specification

項目	仕様
センサータイプ	圧電・シエラ型・プリアンプ内蔵
電圧感度	5 ± 10% (mV/(m/s ²))
共振周波数	45kHz
周波数範囲	10~3500Hz
最大使用加速度	450 (m/s ²)
使用温度	-10~110°C

4.2 JIS 判定基準

振動測定は、変位、速度、加速度それぞれで計測の目的を分けられる。例えばアンバランスやミスアライメントといった軸のずれから生じる振動値の変化は速度で表れる。ベアリングの傷やグリス減少による異音から生じる高周波側の振動値の変化は加速度に表れる。回転機器の振動測定では速度の変化量を監視するのが一般的である。その理由として振動シビアリティ評価基準範囲というJISで定められた値をもとに回転機器の判定を行うことができる。Figure 4に速度の判定基準となる振動シビアリティ基準範囲を示す[2]。今回、振動測定を行う冷却水循環ポンプはFig. 4のグループ1基礎が柔に当てはまる。

振動シビアリティの範囲 速度のRMS値 (mm/s) - 区分境界の値	振動のグループに対する「よさ判定」例			
	グループ2		グループ1	
0.71	A	A	A	A
1.4	B	A	A	A
2.3	B	B	B	A
2.8	C	B	B	B
3.5	C	C	C	B
4.5	D	C	C	C
7.1	D	D	D	C
11	D	D	D	D
基礎	固	柔	固	柔

グループ1: 出力300kW~50MW
グループ2: 出力15kW~300kW
青枠本ポンプ

A: 良 B: 可 C: 警告 D: 危険

Figure 4: Vibration Severity.

4.3 振動測定判定基準値の選定

このポンプは異音発生時でも速度の値が振動シビアリティの基準値であるAの値より低く、JIS基準に基づけば運転の状態としては問題ない。Figure 5に2016年9月21日から2018年5月21日までの速度のグラフを示す。しかし、今回の調査は、異音発生タイミングを調査するために加速度値の変化に注目した。

4.4 振動測定データについて

振動測定は、新ポンプに載せ替えを行った2016年9月から2018年5月までの加速度値の変化を調査した。また、2017年8月に本ポンプの分解点検を行っており、その際ベアリングの交換を実施している。Figure 6に2016年9月21日から2018年5月21日までの加速度で測定した加速度のグラフを示す。このグラフの赤矢印がメーカーの推奨補給周期でグリスを行った箇所である。青矢印はそれ以外に異音が発生した時に補給した箇所である。グラフを見ると矢印の箇所の加速度が低くなっていることがわかる。実際に聴診棒をあて音を確認した際は、異音が小さくなったことを確認している。そのほかにも2016年~2017年7月に比べ2017年9月~2018年5月の振動値が低めであった。推測として、2017年8月に実施したポンプ分解点検時にベアリングを交換しておりそこを境に振動値が低くなっているため2016年~2017年7月までのベアリングに傷があり振動値が大きくなっていったと考えられる。

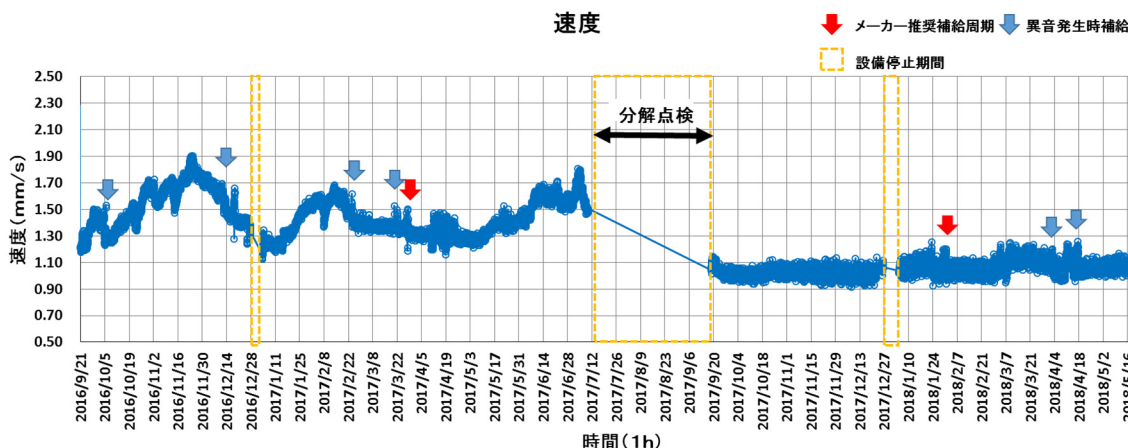


Figure 5: Changes in the velocity of the bearing Part.



Figure 6: Changes in the acceleration of the bearing Part.

4.5 グリス補給前後の振動周波数の観察

Figure 6 の一番右端のグリス補給前後の周波数分析を行った。周波数分析はより高周波に帯域をもつポータブルタイプの振動計で測定を行った。Figure 7 にグリス補給前後の周波数分析のグラフを示す。グラフを見てみるとグリス補給を行った後の数値が低くなっていることがわかる。同時に異音が小さくなったことから、異音として聞こえている周波数は約 3kHz 以上の高周波側にスペクトルとして出ることが分かった。

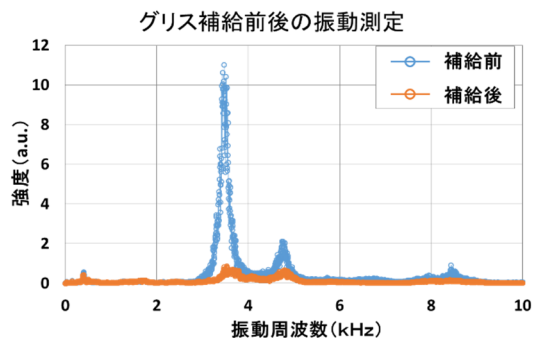


Figure 7: Frequency analysis before and after replenishment of grease.

5. 考察

今回の調査で振動値の絶対値を 1 時間おきに測定する方法と周波数帯域を詳細に調べた。測定では速度値よりも加速度値の変化が顕著に表れた。これは、振動の原因が高周波側に表れていたことが理由と考えられる。また、周波数分析を行った結果、加速度のスペクトルがグリスを補給して小さくなったことから異音の発生はグリスが減り、上手く潤滑されていないことが原因だと考えられる。

6. まとめ

振動測定の結果、2 種類の測定方法のどちらも異音に関係する振動の変化を確認した。今後、ベアリング部の状態を確認する際は常設したセンサーで加速度値の変化を監視し、より詳細な情報を調べる際は周波数分析を行う方法を取り入れることにした。

参考文献

- [1] https://www.ntn.co.jp/japan/products/catalog/pdf/2202_a11.pdf
- [2] https://www.imv.co.jp/pr/naruhodo_vibrograph/