

鉄道一般
車両
施設
電気
運転・輸送
防災
環境
人間科学
浮上式鉄道

車両用モーターの潤滑グリースの寿命をのばす

鉄道車両用モーター（主電動機）は、軸受の潤滑グリース交換などのために所定の検査周期で分解されます。その検査周期を延伸するためには、グリースの使用寿命を延ばす必要があります。その方法の一つとして、主電動機を分解せずに内部のグリースを入れ替える「入替給脂」がありますが、効果的に実施するためには、グリースの粘性による荷重の伝達遅れや内部にあるグリースの経時変化を考慮することが必要です。ここでは、グリースの特徴である半固体状の性質について解説し、グリースが硬化した場合の事例として、「入替給脂機構」の動作に及ぼす影響とそれを考慮した給脂方法の改良について紹介します。



日比野 澄子
Sumiko Hibino
材料技術研究部
主任研究員

はじめに

機械が動作する際には、なめらかに動くために、また、摩擦や摩耗、発熱などを防ぐために、潤滑油やグリースが使用されています。これらのうちグリースは、油と比べて漏れにくいため、シール構造を簡便にでき、油溜めも省略できることで機器の軽量化が図れることから、広く使用されています。鉄道車両においても、車軸軸受や主電動機用の軸受などの重要部品に使用されています。これらの部品のメンテナンスを適切に行うためには、グリースの劣化状態を評価する必要があります。グリースは、新品状態で封入された後、時間経過に従って劣化・変質が起こり、性能が低下していくことが避けられません。車両によって走行条件や機器の種類、油種が異なるため、性能低下の進み方は一様でなく、正確に評価するには、グリースを分析し、劣化の状態を数値として表わすことが必要です。鉄道車両で使用されるグリースの場合は、7つの評価項目について分析が実施されています¹⁾。ここではこれらのうち、グリースの硬さを表す「ちょう度」について紹介します。

グリースの硬さと劣化

グリースのちょう度

潤滑油にグリース特有の粘りを出すために加えられる物質を増ちょう剤といます。グリースの特徴である半固体状の性質は、潤滑油中に形成された増ちょう剤の3次元構造（一般に、スポンジのような網目構造と表現される）によるものです。この特殊な構造のため、グリースには、一定以上の力がかかると流動を起こして潤滑油のようにふるまい、機器が停止するとまた半固体状に戻るという性質があります。どの程度の力であれば変形せず、どの程度以上の力がかかったときに流動を開始するかの目安となるのが、グリースの硬さであり、一般にちょう度で表

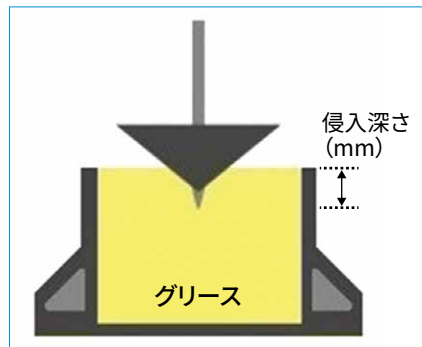


図1 ちょう度の測定方法

現されています。グリースが潤滑部位の隙間に入り込めるか、あるいは潤滑剤としてふるまえるかどうかといった観点で、グリースを選択する際の重要な指標となります。

ちょう度の測定方法の概念図を図1に示します。規定サイズの容器にグリースを入れ、決まった重量の円すいを5秒間自然落下させ、侵入した長さ(単位: mm)を10倍にした数値と定義され、数値が大きいほど柔らかいことを表します²⁾。また、ちょう度を9段階に区切ったちょう度番号(000, 00, 0~6)で表されることもあります。

グリースの劣化

グリースの成分は、基油、増ちょう剤、添加剤であり、使用にとともに、基油の劣化、添加剤の消耗とともに、増ちょう剤も劣化します。潤滑部位で強いせん断を受けて増ちょう剤の網目構造が壊れると軟化する場合があります、著しい軟化はグリース漏れにつながるので注意が必要です。また、直接せん断を受けなくても、時間とともに劣化が進みます。たとえば、グリースが油を少しずつ^{にじ}しみ出させることを離油といいます。潤滑部位(軸受など)から離れた位置のグリースは、この離油作用によって潤滑部位に油を供給します。端ふたに封入されたグリースは、一見使われていないように見えますが、油を供給することで自身は油分を失い、体積が減少し、グリースがやせてひびが入り、同時に硬くなります(図2右)。このように、増ちょう剤が劣化すれば、半固体状の性質すなわち硬さも影響を受けます。

主電動機への給脂技術

解体による交換

潤滑油は、非解体での交換が可能であり、またゴミ・異物を除去するため、洗浄用油(フラッシング油)で機器内

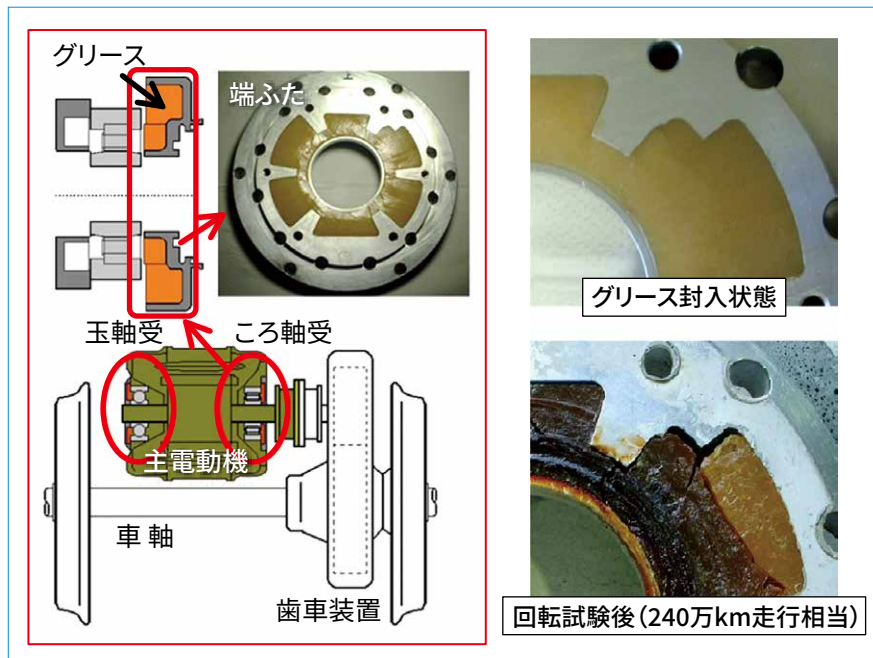


図2 主電動機の構造(一例)³⁾と端ふたのグリースの体積減少

部を清掃することができます。一方、グリースを交換・洗浄することは簡単ではないため、通常は機器の分解が必要です。しかし、主電動機ではその分解に手間がかかることが課題になっています。

中間給脂

この解体の手間を減らすために、鉄道用主電動機では、非解体で外部からグリースを注入する「中間給脂」(参照)が実施されている例があります。

中間給脂では、決められた量のグリースを給脂装置(以下、グリースガン)から追加しますが、グリースガンから軸受に至るグリース管路にあらかじめグリースを詰めておくことにより、グリースガンから出るグリース量(給脂量)と同じ量が軸受に到達するとみられています。しかし、グリースを詰

めた後、走行している間の振動や熱により管路内のグリースから油が抜けてやせたり、抜けた油が重力に従って管路内を移動し、管路内に部分的に空間ができている場合、グリースガンから給脂される量よりも実際に軸受に到達する量が少なくなると考えられます。中間給脂は、潤滑寿命の延伸に有効な手段ですが、給脂量のばらつきを生じさせない工夫が必要です。

入替給脂

このような中、鉄道総研では、軸受近傍でグリースを入れ替える入替給脂機構³⁾⁴⁾⁵⁾を開発しました。グリースガンにより加圧し、荷重を発生させて可動板を動かすしくみを図3に示します。ピストンが可動板を押すことによって、その背面にあらかじめ封入されていた給脂グリース(より劣化が少

☞ 中間給脂

機器の使用途中に、潤滑部位にグリースを追加すること。周囲にスペースがある軸受においては、新しいグリースで古いグリースを押し出すことができますが、グリースの排出が難しい場合は、過封入にならないよう、給脂スペースをあらかじめ空けておく必要があります。潤滑面のグリースが適切に更新されれば、潤滑寿命の延伸効果が期待できます。

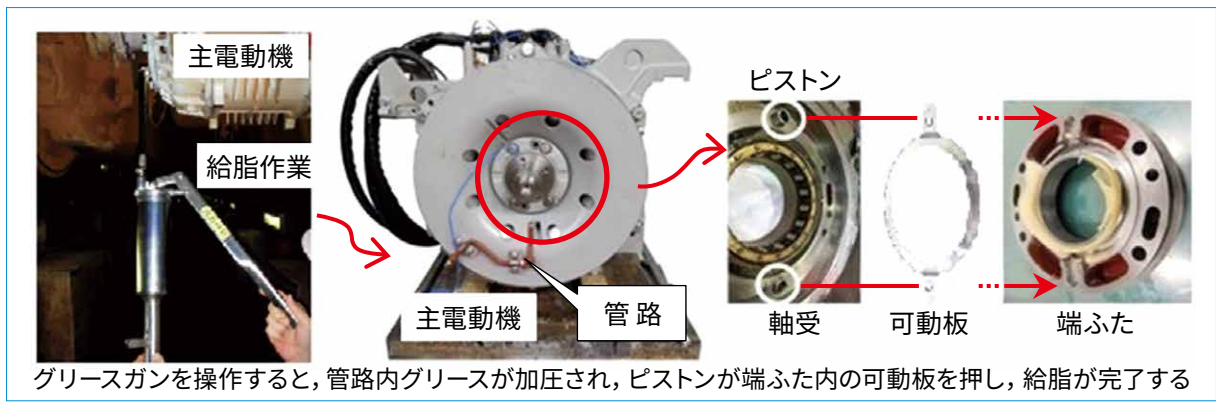


図3 グリースガンにより加圧し、可動板を動かし給脂するしくみ⁵⁾

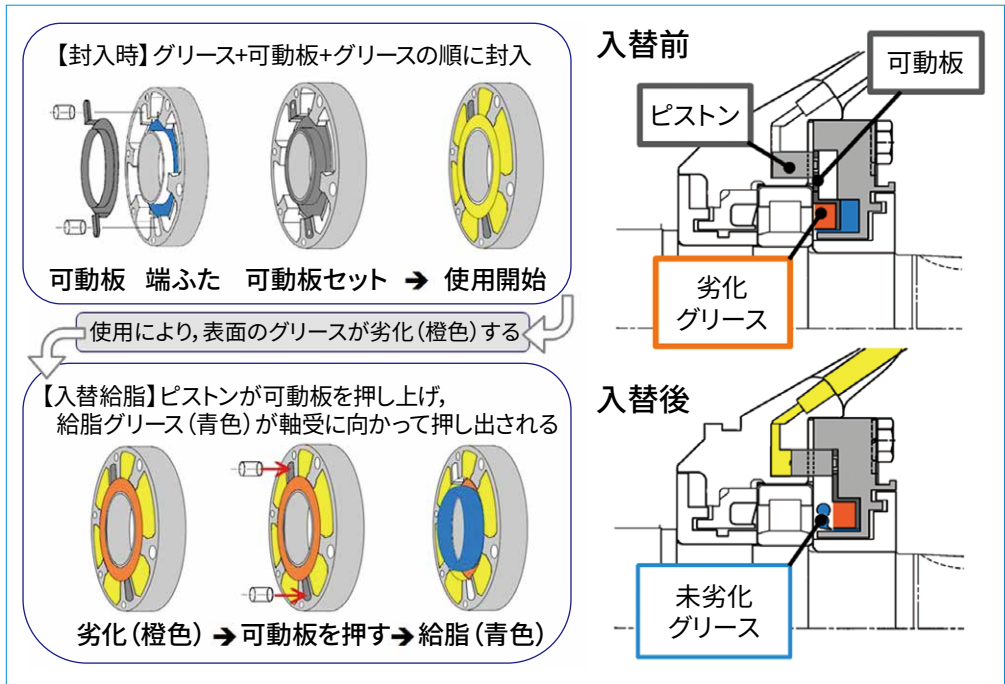


図4 端ふたのグリース入替の模式図³⁾⁴⁾

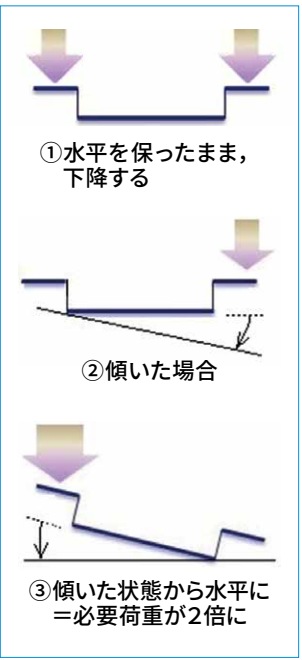


図5 可動板が傾く際の動作パターン⁵⁾

ない)が軸受側に押し出されます。グリースが入れ替わるしくみを図4に示します。劣化したグリース(橙色のグリース)は可動板とともに下がり、代わりに「給脂グリース」(青色のグリース)が押し出されて入れ替わることにより、一定量のグリースが軸受に給脂されることになり、給脂量のばらつきを少なくできると考えました³⁾。

入替給脂機構の駆動方法の改良⁵⁾

グリース硬化の影響

この入替給脂機構の動作において、

グリースの硬化が問題となりました。本機構の動作には、「給脂グリース」を内径側のすき間から軸受側へ押し出す荷重が必要であるため、その動作状態は、「給脂グリース」の硬さにより影響を受けると考えられます。新品グリース(ちょう度260~280程度)では問題なく動作していましたが、現車試験でグリースのちょう度が230程度になった結果、可動板の移動が不十分となり、給脂が行われないことがわかりました。主電動機軸受のグリースのちょう度は、管理基準値により150~350の範囲であれば使用できることか

ら、その使用限度と比較すると、ちょう度の変化はわずかであり、潤滑剤としては、十分に機能する状態と考えられます。それでも、このわずかな変化が動作に影響したと考え、必要な荷重について再検討したところ、現車の硬化を模擬したグリース(ちょう度224)を使う場合、押し出すために必要な荷重が新品グリースの約2倍になっていることがわかりました。また、グリース硬化の影響により、可動板の姿勢が傾く事象がみられ(図5)、大きく傾いた場合には、1本のピストンで押し出す形となることから、さらに2倍の荷

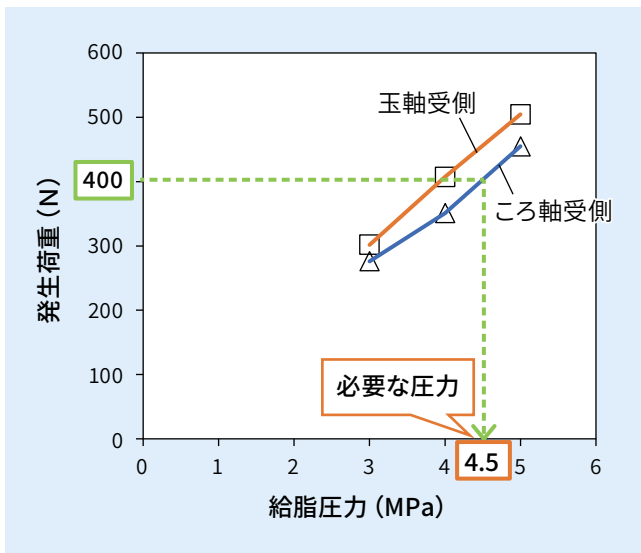


図6 荷重の発生に必要な給脂圧力⁵⁾

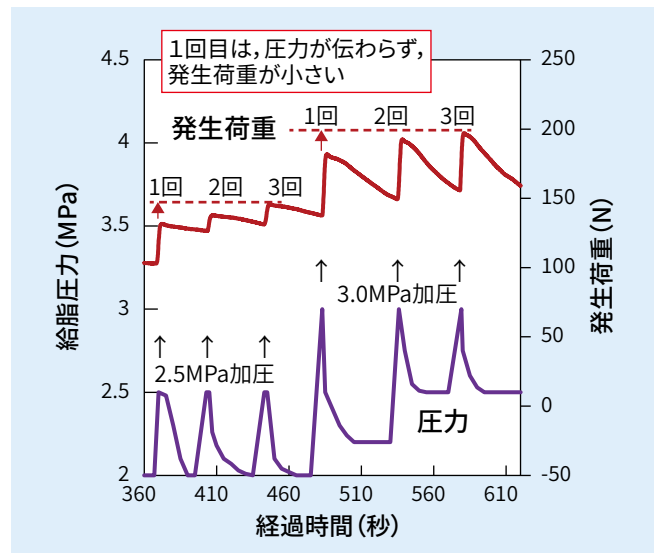


図7 給脂圧力と発生する荷重の関係⁵⁾

新しい作業指針

(作業環境温度25℃以上で作業を行なうこと)

- ① 圧が高まるまでグリースを複数回注入し、圧力が下がらなくなったら3.0MPaまで加圧する。
- ② ハンドルを戻した後、10秒間5.0MPaを維持するように加圧する。
- ③ ハンドルを戻した後、5秒間5.0MPaを維持するよう加圧し、さらにハンドルを戻した後、5秒間5.0MPaを維持するよう加圧する。
- ④ 作業を終了する。

図8 入替給脂の作業指針

重が必要であることがわかりました。

対策と検証

このように、グリースの硬化による影響がわかったため、当初の約4倍の荷重にあたる400Nを発生できるように、動作確認を行いました。

まず、「グリースガンの給脂圧力に対する発生荷重」を実機で調べました。作業者が手元で確認できるのは、グリースガンの圧力計です。図6に示すように、400Nの荷重を発生させるためには、約4.5MPaの圧力をかける必要があることがわかります。さらに、管路内に空気が入った場合の遅れを検討した結果が図7です。この結果から、加圧してからピストン部の荷重の発生までには遅れがみられ、圧力が伝わるまでに相応の

時間が必要であることがわかりました。つまり、グリースガンの操作回数よりも、給脂圧力とその圧力を保持する時間が重要になることがわかりました。

次に、「発生荷重に対する可動板の動作」を調べました。現車の硬化を模擬したグリース(ちょう度224)を使用し可動板の傾きがもっとも大きい条件(図5③)で、可動板に直接400Nの荷重をかけた結果、可動板が正常に移動することを確認できました。

さらに、グリースのちょう度は環境温度により変化します。硬化グリース(ちょう度224)の低温におけるちょう度を確認したところ10℃においてちょう度193となり、必要荷重がさらに増加することから、入替給脂機構の開発

時に提案していた作業指針に対して「作業環境温度25℃以上で作業を行なうこと。」と追記(図8)することにしました。

まとめ

ここでは、グリースの劣化と硬さの考え方、主電動機を解体せずに給脂する方法について、課題や対策方法を交えて紹介しました。グリース種類を変更すると異なる挙動を示すので、今回紹介した内容は一例ですが、グリースの性質を理解して扱うことで、トラブルの防止やメンテナンスの省力化につながる事が期待されます。RRR

文献

- 1) 日比野澄子, 鈴木淳一, 木川定之, 曾根康友: 車両用潤滑グリースの新しい管理基準値の提案, 鉄道総研報告, Vol.31, No.8, pp.5-10, 2017
- 2) JIS K2220: グリース, 2013
- 3) 日比野澄子: 主電動機軸受の効果的な中間給脂を実現する, RRR, Vol.69, No.12, pp.8-11, 2012
- 4) 日比野澄子, 中村和夫, 細谷哲也: 主電動機軸受のグリース入替給脂機構, 鉄道総研報告, Vol.25, No.10, pp.17-22, 2011
- 5) 日比野澄子, 矢口依穂: 主電動機の解体周期延伸を目指した軸受グリース入替給脂機構の実用化, 鉄道総研報告, Vol.33, No.11, pp.31-36, 2019