

## 往復動転がり接触における損傷とグリース潤滑に関する研究

大貫, 裕次

<https://doi.org/10.15017/1931907>

---

出版情報 : Kyushu University, 2017, 博士 (工学), 課程博士  
バージョン :  
権利関係 :

氏 名 : 大貫 裕次

論 文 名 : 往復動転がり接触における損傷とグリース潤滑に関する研究

区 分 : 甲

## 論 文 内 容 の 要 旨

転がり接触運動をする機械要素は多くの機械で用いられており、転がり軸受、歯車、レールと車輪などがその代表としてあげられる。これらの機械要素は、運転中に純転がり、あるいは転がりすべり接触負荷を繰り返し受け、表面および表面層の疲労の累積により、転がり疲れ損傷が生じる。しかし、これら機械要素の転がり疲れ寿命を評価するために、標準化された試験機や試験法はなく、一般的には二円筒型、四円筒型等のローラ試験機や転がり四球試験機が古くから使用されている。自動車の足回りなどに用いられるドライブシャフトの等速ジョイント(Constant Velocity Universal Joint, CVJ)も転がり接触運動をする機械要素のひとつである。ドライブシャフトでは、作動角をとって軸の回転を伝達する固定式 CVJ がタイヤ側に、軸方向に伸縮可能な摺動式 CVJ がエンジン側に使用されている。固定式 CVJ は、鋼球が内輪、外輪の駆動面上を転がりながら揺動運動する。このとき内輪と外輪の駆動面は、移動距離が異なるため、接触面ですべりが生じる。更に CVJ 1 回転中、鋼球は入出力軸の作動角によるスピンも受ける。従って固定式 CVJ は、転がりすべり条件下で摩耗を伴いながらはく離する特徴がある。本研究は、固定式 CVJ の接触運動を模擬出来る試験機を開発し、これを用いて条件の違いによって生じる様々な現象、CVJ のはく離に至るメカニズム、および CVJ を潤滑するグリースの影響を明らかにすることを目的とする。

本論文は次の章からなる。

第1章では、固定式 CVJ を含む転がり接触運動をする機械要素とその損傷について、従来の研究と課題を整理し、本研究の目的と意義を述べた。

第2章では、まず CVJ 用グリースとして実績を有するウレアグリースの技術動向と、固定式 CVJ のグリースによる長寿命化の考え方と課題を整理した。これまで固定式 CVJ のはく離を再現できるラボ評価試験機はなく、グリースの耐はく離性能評価は、実機を用いた台上試験に頼らざるを得なかった。この背景のもとで、固定式 CVJ 用グリースを研究開発する上での課題および試験機開発の目的と意義を示した。

第3章では、固定式 CVJ の運動と開発した往復動転がりすべり接触試験機の設計要件、概要、仕様、可能な試験条件を示した。開発した試験機は、上下試験片、鋼球、および保持器の4つの要素からなる構成とし、上下試験片をクランク機構で回転揺動を伴いながら、並進運動することができる構造とした。また、クランク腕長さを変えることで、直動方向の移動距離、スピンの程度を変更できる機構とした。

第4章では、開発した試験機を用いて、荷重(面圧)と試験片の硬さの違いにより得られた様々な現象を示し、固定式 CVJ の損傷に類似した表面起点型はく離を再現する条件を明らかにした。また、固定式 CVJ において疲れき裂が進展するメカニズムを、鋼球の挙動を観察することにより明らかにした。鋼球と下試験片のストロークエンド近傍の接触点では、往路で転がりすべり接触、復路

で転がり接触の状態にあり、異なる接触状態であることが鋼球の観察結果より明らかになった。このことにもとづき、ストロークエンドでの接線力の負荷方向およびき裂が進展する向きは、接触点での鋼球と試験片の速度差により決定できることを示した。また、固定式 CVJ のはく離に至るメカニズムに関して、特にすべりの影響が大きいことを明らかにした。極端に大きなすべりを一往復動中に加える条件で試験を行うことで、早期にはく離が発生する結果を示すと共に、試験片硬度の違いにより、表面起点型と内部起点型の、異なる形態のはく離損傷が発生することを示した。

第5章では、上述の極端に大きなすべりを付与した条件で、各種グリースの耐はく離性能を評価した結果を示した。グリースの組成の違いで、耐はく離性能が大きく異なることを明らかにした。特に増ちょう剤の種類の影響が大きく、増ちょう剤量が多いグリースが耐はく離性に優れる結果を得た。また、はく離は、いずれも一往復動中、鋼球の速度が最も小さい箇所で顕著に認められた。これらの結果から、グリースの低速域での厚膜化が金属の直接接触を防ぎ、耐はく離性を向上することが可能であることを裏付けることができた。

第6章では、本研究の総括と実用化に向けた今後の課題と展望について議論した。今後、CVJ の使用条件のさらなる過酷化、長寿命化、地球環境対策など、グリースの設計で要求されるより厳しい条件に対応していくために、本研究で開発した試験機と評価方法が有効であることを述べた。

以上より、本研究は、固定式 CVJ の運動を模擬する往復動はく離試験機を開発し、運転条件と様々な形態の表面損傷との関係を明らかにし、CVJ 用グリースの耐はく離性評価を短期間で行うことができる手法を構築した。