

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	斜板式油圧ピストンポンプにおけるスリッパ/斜板間の潤滑特性に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	川北成美
Author(English)	Shigeyoshi Kawakita
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12686号, 授与年月日:2024年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:平田 敦,吉田 和弘,青野 祐子,赤坂 大樹,金 俊完
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12686号, Conferred date:2024/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	機械 機械	系 コース	申請学位（専攻分野）： 博士 Academic Degree Requested Doctor of	(工学)
学生氏名： Student's Name	川北 成美		審査員主査： Chief Examiner	平田 敦 教授

要旨（和文 2000 字程度）

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は「斜板式油圧ピストンポンプにおけるスリッパ/斜板間の潤滑特性に関する研究」と題し、全4章から構成されている。

第1章「緒論」では近年の建設機械を取り巻く環境の変化について概観し、建設機械の燃費性と信頼性の向上の観点から主要な油圧源である斜板式アキシャルピストンポンプの高効率化と長寿命化への対応が求められていること、油圧ポンプ内の摺動部の内、スリッパ/斜板間は大きな変動負荷を受けながら高速で摺動しており、油圧ポンプの効率や信頼性の向上に大きな影響を与える重要な摺動部であることを述べた。その上で、油圧により摺動面が変形するスリッパ/斜板間の潤滑特性を正確に把握するためには、スリッパ/斜板間に形成される油膜厚さ分布およびスリッパの挙動を明らかにすることが課題であり、スリッパ/斜板間の油膜厚さ分布を計測する手法を開発して、ピストン1ストローク中のスリッパ/斜板間の油膜厚さ分布およびスリッパとピストンの挙動を同時計測してスリッパが斜板に追従するメカニズムを解明し、スリッパ/斜板間の潤滑特性を明らかにすることが本研究の目的であると述べた。

第2章「スリッパ/斜板間の油膜厚さ分布計測」ではサファイアガラス製の斜板を用いることでスリッパ/斜板間の摺動部に形成される油膜を直接観察可能な摺動試験機を開発し、光源にUV-LED、撮影に高速度CMOSカメラ、蛍光剤にクマリン1を用いた蛍光法によりスリッパ/斜板間の油膜厚さ分布が計測可能であることを示した。計測の結果、油圧によるスリッパの変形が小さい摺動条件においては、本計測で得られた油膜厚さ分布と粗さ計で計測したスリッパの形状データはよい一致を示し、本計測法の有効性を確認した。また、斜板の角度 0° に相当する回転円板を用いた計測結果より、油圧の増加に応じて油膜厚さが減少すること、円板の内側と外側の速度差があることから円板回転速度の増加によりスリッパが外側に傾くこと等、スリッパの基礎的な潤滑特性を明らかにした。

第3章「斜板式アキシャルピストンポンプにおけるスリッパの挙動計測」では、第2章で開発したスリッパ/斜板間の可視化摺動試験機に対して、実機の油圧ポンプと同様に斜板が1回転する間にシリンダ内の油圧が吸込行程で低圧、その後、吐出行程で高圧となるようにシリンダ内の油圧を切替可能にする機能追加を行い、斜板1回転中におけるスリッパ/斜板間の油膜厚さ分布の経時変化を高速度カメラで連続撮影して、油圧ポンプの実動状態におけるスリッパの挙動変化を計測した。その結果、吐出行程の後期に対するスリッパの傾きが増加することを明らかにし、油圧が高圧になる吐出行程におけるスリッパの傾き増加はスリッパ/斜板間の隙間からの油漏れを増加させ、容積効率の低下およびスリッパ円周部での片当たり摩擦による信頼性低下の要因になりうることを指摘した。さらに、スリッパの傾きの増加はスリッパとピストンを接続するピストン球座における摩擦力の増加が要因であると推定し、スリッパ/斜板間について機構-潤滑連成解析を実施して、ピストン球座の摩擦係数が高いほど吐出行程の後期でスリッパの傾き増加が起こりやすいことを明らかにした。また、ピストン球座の挙動を実験的に明らかにするために、スリッパ/斜板間の可視化摺動試験機を用いてスリッパおよびピストンの回転挙動を同時に計測した。その結果、シリンダ内が低圧になる吸込行程ではスリッパとピストンの回転は少ないことから、ピストン球座は比較的動きやすく、スリッパはピストン球座が動くことで斜板に追従していること、シリンダ内が高圧になる吐出行程ではスリッパとピストンの回転速度は斜板と等速であることから、ピストン球座がほとんど動かず、スリッパはピストンと一体で自転することで斜板に追従していることを明らかにした。さらに、吐出行程の後期では斜板に対するスリッパの傾きが増加することから、スリッパがピストンと一体で自転することは斜板に対するスリッパの追従遅れを招き、油圧ポンプの容積効率や信頼性の低下にもつながることを明らかにした。

第4章「結論」では、各章の成果を総括すると共に、本論文で得られた知見および今後の課題を述べた。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	機械 機械	系 コース	申請学位(専攻分野)： 博士 Academic Degree Requested Doctor of	(工学)
学生氏名： Student's Name	川北 成美		審査員主査： Chief Examiner	平田 敦 教授

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

Swashplate-type axial piston pumps are widely used in construction machinery such as hydraulic excavators because of their high power density. Because most of the CO2 emissions during the life cycle of construction machinery are generated during use, there is a growing demand for environmentally conscious products such as those with improved fuel efficiency.

In swashplate-type axial piston pumps, the slipper/swashplate sliding surfaces are subjected to highly fluctuating loads. Slippers are therefore required to ensure stable operation and reduce the losses caused by sliding. The behavior of the slipper fluctuates in a complex manner owing to changes in the hydraulic pressure in the cylinder and the inertial forces caused by the reciprocating movement of the piston. However, the change in the slipper's oil-film thickness distribution over time was not measured. Furthermore, the movement of the ball joint, which connects the slipper and the piston and influences the behavior of the slipper was not measured.

In this study, the behavior of the slipper was clarified in relation to the swashplate under the same operating conditions as in an actual machine by measuring the change in oil film thickness distribution between the slipper and the swashplate using the fluorescence method. In addition, the rotational behavior of the piston and the slipper was measured to clarify the function of the ball joint, which affects the ability of the slipper to follow the swashplate. The following conclusions were drawn. The oil film became thinner during the discharge stroke when the oil pressure in the cylinder was higher than that during the suction stroke. It was also found that the tilt of the slipper to the swashplate increased in the latter stage of the discharge process. This could be due to the fact that the ball joint is subjected to a large load during the discharge process, which restricts its movement and deteriorates the ability of the slipper to follow the swashplate.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).