論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	斜軸式油圧モータの効率向上に向けたピストンリングの漏れ流量と摩擦特性に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	矢内柊平
Author(English)	Shuhei Yanai
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京科学大学, 報告番号:甲第257号, 授与年月日:2025年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:田中 真二,齊藤 卓志,進士 忠彦,吉田 和弘,田中 智久
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Institute of Science Tokyo, Report number:甲第257号, Conferred date:2025/3/26, 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

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	機械　　　系 機械　　　コース	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of　（　工学　）
学生氏名： Student's Name	矢内　柊平	審査員主査： Chief Examiner	田中　真二

要旨（和文 2000 字程度）
Thesis Summary（approx.2000 Japanese Characters ）

本論文は「斜軸式油圧モータの効率向上に向けたピストンリングの漏れ流量と摩擦特性に関する研究」と題し，全４章から構成されている．

第１章「緒論」では，建設機械で使用される Hydrostatic transmission（HST）と呼ばれる油圧を用いた無段変速機において伝達効率の向上が求められていること，その実現には HST で使われる斜軸式油圧モータの全効率の向上が必要であることを述べた．斜軸式油圧モータの全効率は容積効率と機械効率の積で表される．容積効率を高めるために，ピストンに取り付けたピストンリングがピストン・シリンダ間をシールして作動油の漏れを防いでいる．しかし，シールが過度に強いとピストンリングの摩擦が増加し，機械効率が低下する．一方，ピストンリングから漏れた油はピストン小球部の潤滑にも使われるため，その油量が変わると小球部の摩擦，さらには機械効率にも影響を与えると推定される．そのため，ピストンリングの設計では，容積効率と機械効率のバランスを取ることが重要であると述べた．ピストンリングからの漏れ流量や摩擦特性を把握するためには，油圧モータにおけるピストンリングのシールメカニズムを明らかにすることが課題となる．本論文ではこの課題に対処するために，ピストン・シリンダ間の摺動部を模擬した要素試験機による実験，及び数値解析によりピストンリングの挙動や漏れ流量，摩擦特性を明らかにし，得られた知見を基にピストンリングの設計に必要な検討事項を提案することが本論文の目的であると述べた．

第２章「斜軸式油圧モータにおけるピストンリングのシール特性と合口部からの漏れ流量が小球部の潤滑状態に与える影響」では，ピストンリングを外部から観察可能な小球部要素試験機を開発し，得られたピストンリングの挙動から供給油圧が 1MPa を超えると，ピストンリングの表面と背面の圧力差によりピストンリングが広がりシールするというメカニズムを明らかにした．また，ピストンリングの漏れ流量計測，及び流体構造連成解析の結果より，ピストンリングの合口部からの漏れ流量はピストンリング溝の下流側壁面における半径隙間によって変化すること，ピストンリングの合口部は 150μm 程度とわずかな隙間であるが，その漏れ流量はピストンリングの漏れ流量の半分近くになる場合があると推定されることを明らかにした．さらに，ピストンリングの合口部の位置と小球部の荷重支持点が近いとき，合口部からの油漏れにより小球部の摺動発熱による温度上昇が抑制されることを明らかにした．

第３章「斜軸式油圧モータにおけるピストンリングの摩擦特性」では，斜軸式油圧モータにおけるピストンリングの基本的な摩擦特性を明らかにするために，小球部要素試験機によるピストンリングの摩擦力測定と，流体構造連成解析によるピストンリング周りの圧力分布解析，及び混合潤滑解析による摩擦力の予測モデル構築を実施した．その結果，斜軸式油圧モータのピストンリングは，表面の粗さ突起がシリンダ内壁と接触する混合潤滑状態で摺動していることを明らかにした．また，摩擦力は摺動中の往復速度，往復周波数に関係なく，ほぼ一定の値を示すが，供給圧力が大きくなるとピストンリングがシリンダボア壁面に押し付けられ，摩擦力が増加することも明らかにした．さらに，ピストンリングを一本装着した場合と二本装着した場合を比較すると，二本装着した方が一本当たりに掛かる摩擦力が小さくなり，結果としてピストンリングの摩耗寿命が延びる可能性があることを指摘した．加えて，ピストンリングの摺動面側の形状も摩擦力に影響を与え，頂点の位置が流入側から離れるほど摩擦力が減少することを明らかにした．また，構築した混合潤滑解析による摩擦力の予測モデルは計測結果と定性的な一致を確認できたが，ピストンリングの本数や配置に対して摩擦力をより精度よく解析するためには，温度変化による作動油の粘度変化やピストンリング円周方向の圧力分布を考慮することが必要になると述べた．

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).

（博士課程）

Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	機械　系 機械　コース	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of　（　工学　）
学生氏名： Student's Name	矢内　柊平	審査員主査： Chief Examiner	田中　真二

要旨（英文 300 語程度）

Thesis Summary（approx.300 English Words ）

Bent-axis-type axial piston motors (axial piston motors) are required to improve operating efficiency to improve the transmission efficiency of hydrostatic transmission for construction equipments. For this purpose, the sliding characteristics between parts must be understood to reduce leakage and friction. At the sliding part between the piston/cylinder block (P/CB), the piston rings reduce oil leakage. However, since the sliding part in P/CB are lubricated by the leaked hydraulic oil, there is a risk that it may become defective in lubrication when the piston rings seal the hydraulic fluid. Though there is much knowledge on piston rings for engines, it is necessary to carry out research independently, because the operating environment is different from that of axial piston motors.

In this study, a test rig in which the piston rings behavior can be directly observed was developed, and the sealing mechanism was clarified. In addition, Sealing performance was evaluated through measurement and analysis of leakage flow rate. The leakage flow rates of piston ring gap were calculated, and it was shown that there are many leakage flow rates despite a slight gap, and that it affects the sealing performance. It is also shown that the leakage from the piston ring gap affects the lubrication condition in P/CB by measuring the temperature of the sliding bearing of the piston. Furthermore, through the measurement and analysis on the friction force of the piston ring, it was shown that the piston ring was in a mixed lubrication state where solid contacts occur, and the fundamental frictional characteristics were clarified. Finally, this paper proposed matters to be examined in the design of piston rings of axial piston motors from the obtained knowledge.