

建設機械のトライボロジー

Tribology in Construction Machinery

日立建機（株）（正）*秋田 秀樹

Hideki Akita*,

*Hitachi Construction Machinery Co., Ltd

1. はじめに

油圧ショベルに代表される建設機械は、様々な環境下で使用されており、その環境は街路から山岳地帯、海岸までと多種多様で、泥水あるいは土砂が摺動面に混入するような過酷環境下で動いている機械も多々ある。また、昨今の経済状況や環境問題の高まりから、操作性の向上、省エネルギー化、低騒音化、居住性の向上（快適性）に開発主眼が向けられてきている。このような状況下においても依然として、軸受、油圧機器の信頼性、保守性とかかわりの大きいトライボロジーは重要な課題となっている。本報告では著者が対応したトライボロジー技術にフォーカスしてその一例を紹介する。

2. 油圧ショベルフロント部軸受のトライボロジー

図 1 に建設機械の一番の売れ筋である油圧ショベルの全体図を示す。油圧ショベルは大きく分けて本体、足回り、フロントアタッチメントにより構成されている。動力は基本的にはディーゼルエンジンを用いて油圧ポンプを動かし、油圧によりすべてのアクチュエータを動かすという構成になっている。さらに、AC 電源を外部より供給してディーゼルエンジンの代わりに電動モータを使用して油圧を発生させている油圧ショベルもある。図 2 に油圧ショベルフロント部の構造を示す。ピンとブッシュ、スラストワッシャーとブラケットから構成されている。

フロント軸受部:13箇所(○)



Fig.1 Construction machinery exterior view

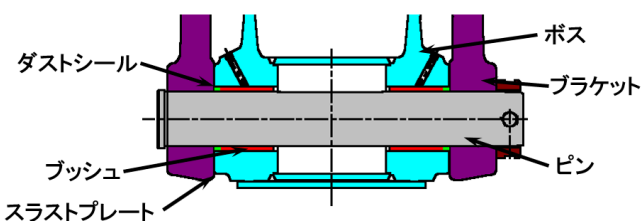


Fig.2 Cross-sectional structure of front section

現在油圧ショベルフロント部に多く使用している含油型焼結合金製のブッシュは、1994 年に初めて採用された。それ以前は鉄ブッシュ+各種処理を行った材料や、高力黄銅製等が使用されていた。図 3 にその際に検討した試験結果を示す。低速高荷重の摺動条件下では流体潤滑理論が働かず、含浸油の粘度によるオイル膜が軸受性能を左右させることが判った。さらにその後、図 4 に示すような軸受摺動部研磨レスによるコスト削減と性能向上を達成した。その後現在に至って建設機械用ブッシュとして採用されている。また、バケットと隣接するボス端面に $200\mu\text{m}$ 程度の WC 溶射被膜を設けている。これは、土砂によるボス端面の保護とそれに伴うダストシールの脱落を目的としたものである。さらに、スラストプレートを SPCC や SUS 製から超硬質ウレタンゴム製に変更した。SPCC や SUS では同質材によるカジリや、加工効果による変形は防げなかった。そこで、様々な材料を検討した結果、ゴムの持つ弾性力と復元力に目を付け採用に至った。これらについても採用から 25 年経過した現在も引き続き採用され続けている。

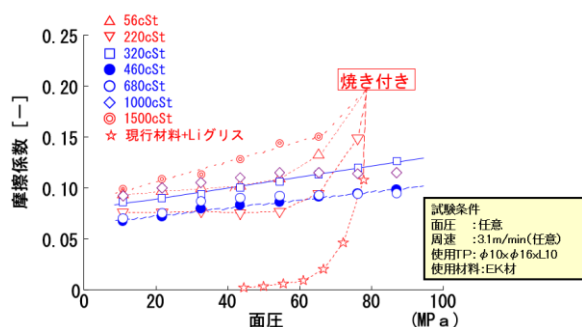


Fig.3 Relationship oil viscosity and characteristics

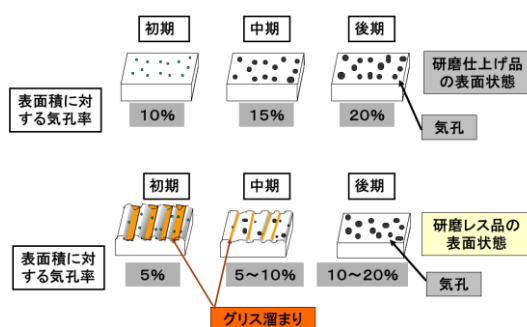


Fig.4 Difference in surface condition due to polishing

油圧ショベルフロント部には前述したように EP-2 グリースが使用されているが、とある現象下で異音が発生することがある。これは摺動面から潤滑剤が失われて Dry 状態となり、それによって異音が発生していると考えられる。そこで、濡れ性を考慮して基油粘度をこれまでの 94mm²/s から 46 mm²/s の低粘度基油グリースを開発し、異音対策グリースとして上市した。このグリースは基油の粘度を半減することにより、表面の濡れ性を確保し耐フレッチング特性を付与させたうえで、MoDTC 添加により粘度低下による性能低下を補い、EP-2 グリース以上の性能を有することとなった。現在も少量ながら代理店経由で引き合いがある。

3. 油圧ショベルの油圧機器・油脂のトライボロジー

近年、建設機械用油圧機器の高速・高出力化、小型・軽量化の動向に伴って、油圧ポンプ及びモータの摺動部品であるピストン、シリンダ、シューなどの機械的特性、特に滑り摩擦・摩耗特性の向上が信頼性ならびに性能両面から強く望まれている。そこで、その一つの解決方法として摺動面へのガス浸硫窒化処理を開発、製品化した。摺動特性としては、ガス窒化処理と比較するとガス浸硫窒化処理の場合は、浸硫層の塑性変形による真実接触面の増大、それによる面圧低下並びに油の保油性等による相乗効果と考えられる。相手材への攻撃性も低く、ガス窒化では発生していた異常摩耗も少なくなり、油圧ポンプ・モータのような摺動形態では非常に有効な処理である。図 5 にベンチ試験による各処理の性能比較、図 6 にガス浸硫窒化処理後の断面組織例を示す。CVD,PVD 処理が浸透した現在も一部製品にはガス浸硫窒化処理が使用され、油圧ポンプ・モータの信頼性向上に寄与している。

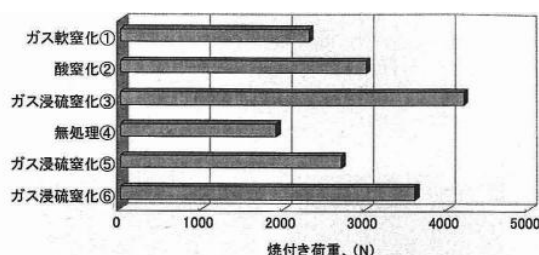


Fig.5 Bench test performance of various surface treatments

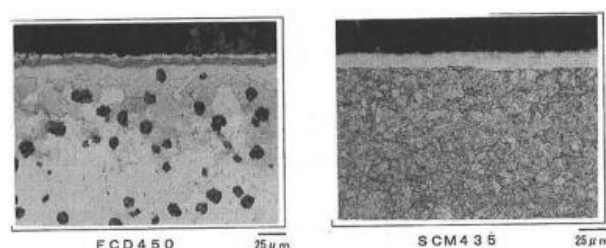


Fig.6 Example of cross-sectional structure after gas treatment

油圧機器に必要なオイルの性状を調べるには、これまではオイルサンプリングによるオイル分析に頼るしかなかった。しかし、オイルサンプリングでは運用においての様々な問題があり、機械の状態報告は正しいか等様々な問題があった。そこで、日立建機はセンサによるオイル状態監視技術を開発し上市した。図 7,8 に概要と運用結果を示す。

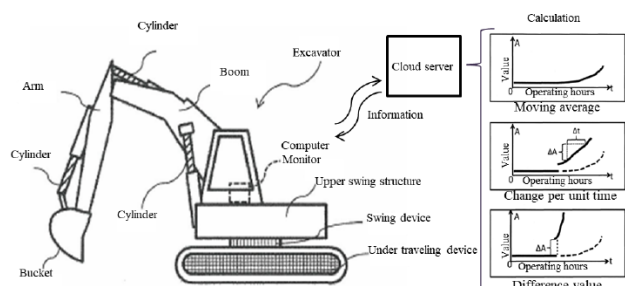


Fig.7 Schematic diagram of oil condition monitoring system

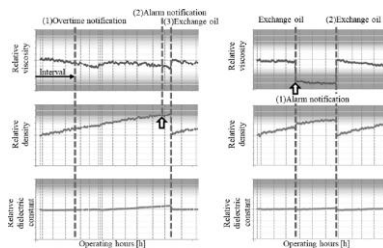


Fig.8 Operational examples

上述したシステム構成により、オイルの状態変化をサービススタッフはもとよりユーザが各々のユーザ画面で確認することができ、異常を検知した場合、サーバーが確認し、サービススタッフやユーザに自動通知されサービスの提供に使用されている。さらに図 8 のようなオイルの使用時間をシステム上で確認することができ、これら機能によりオイル状態の健全化を促すよう活用している。今後様々な業種で同じような問題を抱えている油圧システムに対して、対応していきたいと考えている。

4. 結言

油圧ショベルをはじめとする建設機械には、多種多様な摺動部が存在し、それに対して製造メーカーは様々な手法を用いてその信頼性を高めている。また、グローバル化が図られている現在、日立建機においても様々な国において建設機械を製造しており、カンントリーリスクがあるのは否めない。Made in Japan から Made by Japan を目指して、今後建設機械の信頼性を向上させるべく、トライボロジー技術を高めていきたい。

文献

- 1) 秋田秀樹：建設機械のメンテナンス・トライボロジー, トライボロジスト, 59, 6(2014), 345-350
- 2) 秋田ら：ガス浸硫窒化処理した球状黒鉛鋳鉄のトライボロジー特性, 鋳造工学, 76, 6(2004), 473-477
- 3) 秋田秀樹：建設機械用オイル状態監視システムの開発, トライボロジスト, 65, 11(2020), 692-694