

研究の課題名

油圧シリンダにより駆動する工作機械に発生する振動の解析と低減化

山口大学大学院 講師

(現 工学部 助教授)

報告者 中野 公彦

報告日 2002年(平成14年)12月1日

1. 本研究の意義、特色

工作機械の駆動装置として使用されている油圧シリンダをある一定条件の下で作動させた時に発生した振動が、加工精度、安全性、生産効率の低下など、様々な悪影響を与えることが報告されている。しかし、その振動の発生メカニズムは解明されていないため、防止策も、シリンダ内面の表面処理の向上、パッキンの交換などの経験的手法が主体であり、根本的な解決には繋がらない。本研究では、抜本的な低減化方策の構築を目指して、これらの振動の発生メカニズムを解明することを目的とする。

2. 実施した研究の具体的内容、結果

緒言

油圧シリンダにより駆動する工作機械には、振動が発生することが多い。これは駆動時に油圧シリンダより発生する振動が原因である。しかし、その振動発生要因は複合的であり、現在もすべては解明されていない。本研究は、油圧ポンプの特性など周辺機器の特性までを考慮して、機械に組み込まれた油圧シリンダに生じる振動の発生メカニズムを解明することを目的とする。内容は以下の通りである。

- 油圧シリンダ摺動時に発生する振動の計測
- 打撃試験によるピストン-ロッド系の固有振動数解析
- 振動特性を表現する計算モデルの作成

対象とした油圧シリンダ

研究対象は、 $\phi 50 \times 1150$ mmのロッドを持つ油圧シリンダである。その概略図を図1に記す。油圧は六気筒ピストンポンプで与えられ、その動力源は低圧三相モータである。油圧シリンダのロッドは一定速度で移動するが、その速度制御は流出側流量を絞るメータアウト回路によって行っている。

摺動時に発生する振動の計測

ロッド先端部に加速度計を取り付けた油圧シリンダ（横置き）を摺動させ、発生した加速度を計測した。シリンダ内部圧力10MPa、摺動速度5mm/s、アウトストローク（ロッドを出す方向）の時の実験結果を図2、3、4に示す。図2は、ロッドがシリンダから出た長さ（ストローク長）が550mm、図3は650mm、図4は750mmである時の加速度である。650mmの時に振動が一番大きいことがわかる。フーリエ解析の結果、30Hz、330Hzの振動成分が多いことがわかった。これは、油圧ポンプの脈動と一致していた。

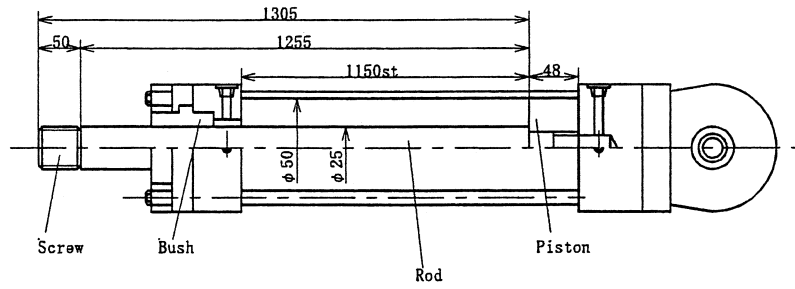


図1 油圧シリンダ概略図

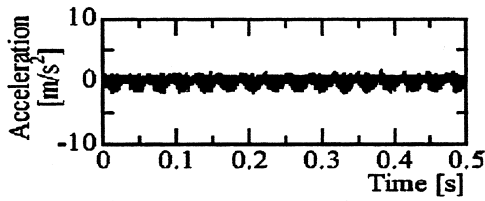


図2 550mmにおける加速度

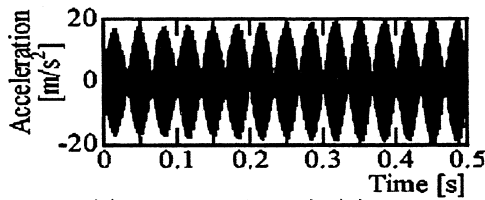


図3 650mmにおける加速度

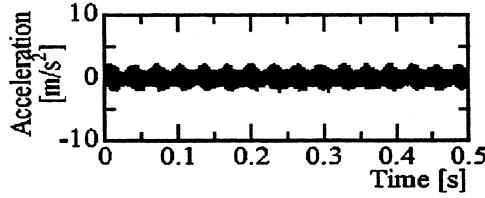


図4 750mmにおける加速度

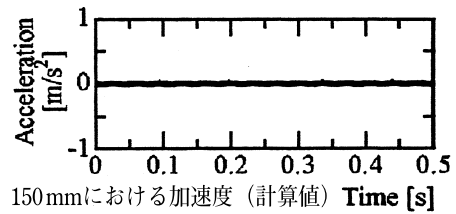


図6 150mmにおける加速度 (計算値)

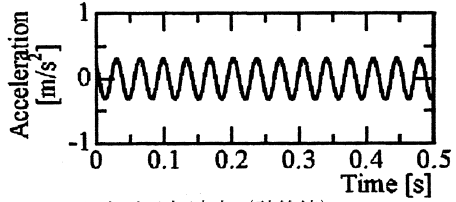


図7 550mmにおける加速度 (計算値)

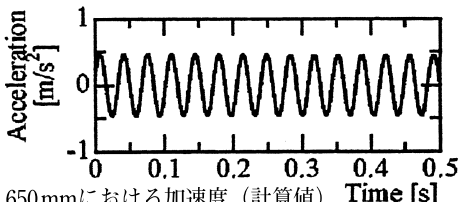


図8 650mmにおける加速度 (計算値)

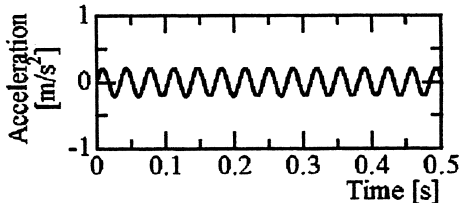


図9 750mmにおける加速度 (計算値)

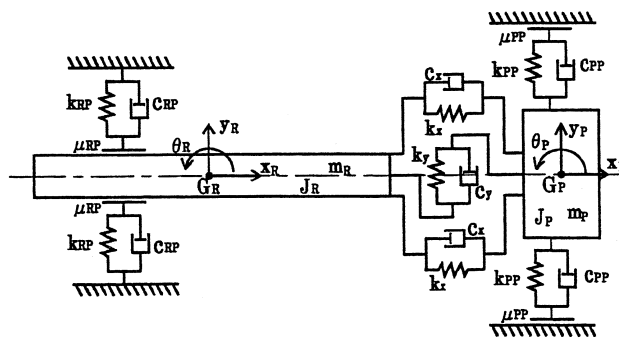


図5 油圧シリンダの計算モデル

ピストン-ロッド系の固有振動数解析

油圧シリンダに生じる振動の周波数成分は、油圧ポンプの脈動によるものであることがわかった。さらに、油圧シリンダ構造系の固有振動数が脈動成分と一致するか調べ、振動増大

の原因を調べることにする。油圧シリンダを横置きし、ストローク長が150mm、550mm、650mm、750mm、950mmの状態、打撃試験を行い、固有振動数を求めた。ストローク長が長くなるほど曲げ1次成分の固有振動数は低くなる。ストローク長550mm～650mmの間に、固有振動数が30Hzとなる長さがあることがわかった。摺動時の加速度測定において、650mmの時の加速度レベルが一番大きかったことから、油圧ポンプの脈動が650mm付近で共振して、振動が大きくなっていることが推測される。

計算モデルの構築

油圧ポンプ脈動がストローク長550mm～650mm付近で構造系と共振して増幅されることがわかった。それを実証するため、計算モデルを構築して、数値シミュレーションによって振動を再現してみる。油圧シリンダの物理モデルを図5に示す。ピストンとロッドを剛体質量で分け、その連結部はロッドの曲げ1次成分を等価させた連結ばねと粘性減衰器で結合させた。また、ピストンおよびロッドパッキン部の弾性要素による横方向ばね定数、減衰係数および摩擦係数は摺動抵抗実験を通じて得られた値を基に固定した。油圧シリンダは横置きされているので、上方と下方のパッキンでは摩擦力が異なる。それによる自励振動要素も考慮することが可能になっている。数値シミュレーションの結果を図6、7、8、9に示す。330Hzの高周波成分は再現されていないが、30Hzの振動は650mm付近で大きくなっており、振動発生メカニズムの仮説が再現されていることがわかる。

結言

以下の知見を得た。

- 油圧シリンダと油圧ポンプ脈動の振動数が一致することから、振動源は油圧ポンプと言える。
- ストローク長が650mm付近の時に構造系の固有振動数が油圧ポンプの脈動と一致し、振動が増幅される。
- 計算モデルを構築し、数値シミュレーションを行った。実験結果と同様の結果を得ることができ、本報告の仮説が正しいことが示せた。

3. 本研究を実施したグループに属するおもな研究者の氏名・役職名

中野公彦 山口大学大学院 医学研究科 講師
斎藤 俊 山口大学大学院 医学研究科 教授
赤井英夫 太陽鉄工株式会社 部長
皆川一郎 太陽鉄工株式会社

4. 研究実施時期

平成13年11月1日から14年9月30日まで

5. 本研究に関連して発表した主な論文等

「油圧シリンダ摺動モデルによるびびり振動解析と危険摺動速度」日本機械学会講演論文集 No.025-1 ('02-3、中国四国支部第40期総会・講演会) PP.321-322. 著者：原田隆志、斎藤俊、中野公彦、赤井英夫、皆川一郎 ※

6. 内外における関連研究の状況

油圧シリンダの振動を扱う研究は多数あるが、その多くが摩擦によって生じるロッド軸方向の振動のみを扱っている。本研究のようにロッドの曲げと摺動の連成振動を考慮した研究は、内外を問わず、見ることができない。

7. 今後の発展に対する希望

本研究では、1つの油圧シリンダに対して解析を行ったが、今後は多種類のシリンダに対して行い、より汎用的な理論を構築したい。また、振動低減化の方策も考えたい。