

油圧源集中型システムと分散型システムの実験による評価

刈谷 学 澤田卓矢* 川崎 修*

Experimental Evaluation Between Centralized and Distributed Hydraulic Power Source System

Manabu KARIYA Takuya SAWADA Osamu KAWASAKI**

1つの油圧源から複数の油圧アクチュエータを駆動する油圧源集中型の油圧システムと油圧源とアクチュエータを一体化若しくは近くに併設して、複数配置する油圧源分散型の油圧システムを実際に運転しその消費電力などの比較を行なった。比較した実験条件では、分散型システムは集中型システムに比べて66%の消費電力で運転可能であった。また、分散型システムではエネルギー効率を高めやすく、また各ユニットが独立となるため、複数使用した場合には、全体として高効率で自律分散性の高い柔軟なシステムの構築が可能な有用なシステムといえる。

1. はじめに

従来からの油圧システムでは、工場内の複数の場所に油圧アクチュエータを配置し、各アクチュエータが必要とするエネルギー（圧力・流量）を十分に供給可能な1つの油圧源を設け、アクチュエータと油圧源の間を配管により接続する油圧源集中型のシステムが多く用いられてきた。

これに対して、近年、環境問題や省エネルギーの観点から、油圧源である油圧ポンプと制御弁を一体化し、アクチュエータの直近に設置可能なものを工場内に複数設置する油圧源分散型の油圧システムが注目されている。^{例え(ば1)}

集中型システムでは、配管距離に準じた管路損失を生むのみならず、複数のアクチュエータの運転を考慮したシステムとなり、油圧源となる油圧ポンプ等に多くの設計余裕が必要となる。そのため、負荷の運転状況によっては損失が大きくなる欠点がある。これに対して、分散型システムでは、油圧源である油圧ポンプと制御弁がアクチュエータと一対一となり、アクチュエータの要求エネルギーに応じて、油圧源側の運転が一意に決定できるため、油圧源の効率的な運転が行なえ、損失の発生も最小限に抑える

事が可能となる。また、油圧源がアクチュエータ直近に配置可能であり、油圧配管長も短く、管路損失も集中型のシステムと比べると小さくなる利点がある。

本稿では、油圧源集中型システムと(株)大進商工が開発した油圧源分散型システムであるモーションパックを、油圧プレス装置への適用を想定した場合の消費電力等について実験を行ったので報告する。

2. 実験システム

ここでは、油圧源集中型システムの一例として、可変吐出量型ポンプであるピストンポンプにカットオフ形の圧力補償を行い、3つの電磁切換弁を有する油圧回路を用いて、3本の油圧シリンダ（内径φ63、ストローク150(mm)）を駆動した。その構成を図1に示す。定格7.5kwの三相電動機により、ピストン

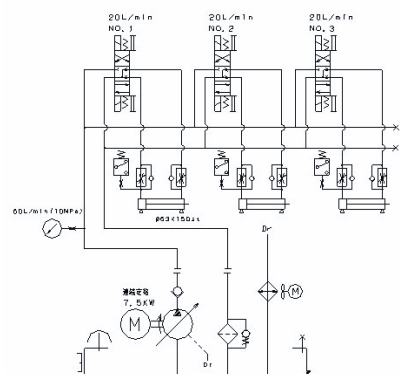


図1 油圧源集中型システム油圧回路

* 株式会社大進商工

ポンプ（37cc/rev、タンク容量200(L)）を駆動し、吐出圧10(MPa)、吐出量60(L/min)とした。ポンプから3連電磁切換弁マニホールドまでの配管長が1.5(m)、マニホールドから各油圧シリンダまでの配管長を1.5(m)である。各シリンダへの流量が均等に20(L/min)となるよう流量調整を行なった。油圧シリンダは油圧プレス機としての使用を想定し、プレス作業での動作フローを図2に示す。油圧シリンダのロッド側にリミットスイッチLS1を、キャップ側にLS2を付け、前進端と後退端の検出を行なっている。また、プレスでの保圧工程を確保するために、キャップ側の油圧管路に圧力スイッチ（10(MPa)設定）を付けている。想定するプレス作業では、前後のリミットスイッチをオンさせるまでのシリンダの前進後退は、移動のみで負荷はない。プレス作業における保圧工程は、リミットスイッチLS1をオンし、圧力スイッチのオン確認後、2(s)の保圧時間を確保している。以下このシステムを集中型システムとする。

次に、油圧源分散型システムであるモーションパック（㈱大進商工製 MPP-37Z16）の外観を写真1に示し、その構成を図3に示す。

モーションパックは、負荷感应形制御による省エネルギー化を目的として設計されたシステムであり、電磁比例流量制御弁の絞り前後の圧力差を一定に保つようピストンポンプを制御している。定格2.5(kW)の三相電動機により、ピストンポンプ（16cc/rev、タンク容量12.5(L)）を駆動し、吐出圧10(MPa)、吐出量20(L/min)で1本の油圧シリンダ（内径 ϕ 63、ストローク150(mm)）によるプレス作業を想定する。モーションパックでは、ポンプ、タンク、制御弁が一体化されており、油圧源であるモーションパックのマニホールドから油圧シリンダまでの配管長は集中型システムと同じ1.5(m)とした。プレス作業での動作フローを図4に示す。モーションパックでは、比例流量制御弁がシステム内に含まれているため、シリンダの前進後退に加減速区間を設けショックレス駆動が可能である。シリンダの状態を検知するリミットスイッチや圧力スイッチは図1、2と同構成とし、図4でも同様にリミットスイッチLS1をオンし、圧力スイッチオン確認後、2(s)の保圧時間を確保している。この保圧区間では、前述の負荷感应制御によりプレス圧を維持するよう流量調整が行なわれる。またシリンダがリミットスイッチLS2をオンし減速区間が終了し、後退後の停止状態においてはシャトル弁と切換弁を通じて圧油がタンクに戻るため、カッ

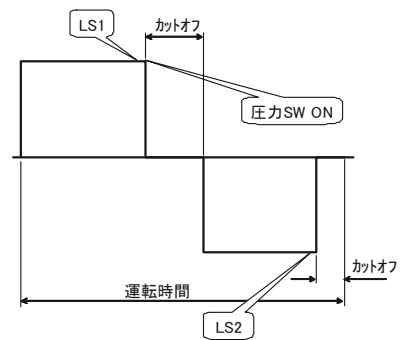


図2 油圧源集中型システム動作フロー

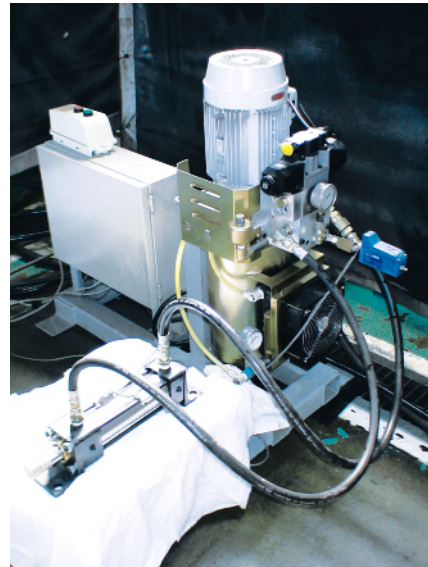


写真1 モーションパックを用いた実験装置

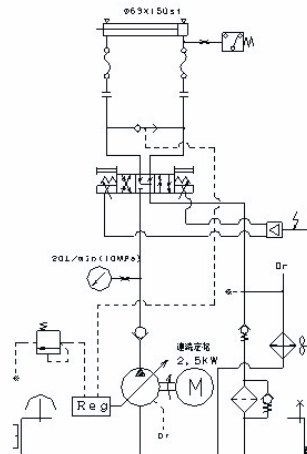


図3 油圧源分散型システム油圧回路

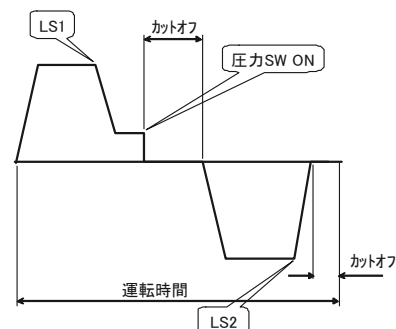


図4 油圧源分散型システム動作フロー

トオフとなり吐出量はほぼゼロとなる。以下このシステムを分散型システムとする。

3. 実験結果

通常、集中型システムでは、1つの油圧源で複数のアクチュエータを駆動するため、各アクチュエータの要求エネルギーが異なっている。今回は、この状態を図1の3本のシリンダが非同期でプレス作業を行なう場合とし、シリンダのプレス回数をそれぞれ10(回/min)、8(回/min)、6(回/min)として実験を行った。各シリンダへの供給流量は20(L/min)で等しいため、各シリンダのプレス保圧時間を含めた往復時間は約5(s)であった。この非同期作業では、3本のシリンダすべてが保圧状態、若しくは待機時間の場合にピストンポンプがカットオフの状態となる。

分散型システムでの実験条件を集中型システムの平均プレス回数である8(回/min)とした。ショックレス駆動のために加減速区間を設けているため、プレス保圧時間を含めた往復時間は約7(s)、待機時間が0.5(s)となった。

この2つの実験装置を連続で8時間運転し、消費電力を比較した結果を表1に示す。シリンダ1本換算で8時間運転する場合の消費電力は、集中型システムを非同期運転した場合が12.5(kWh)、分散型システムが8.2(kWh)となった。前者を100(%)とすると分散型システムでは66(%)の消費電力で1本のシリンダが8(回/min)のプレス作業を行なったとみなす事ができる。

油圧システムでは、運転時の油温上昇が損失の1つの重要な指標といえ、油温上昇が少ないほど油圧回路内での損失が少ないシステムといえる。次に、8時間運転時間の油温変化を図5、6に示す。なお、集中型システムには、200(L)のオイルタンクにドレンクーラとして33(W)の冷却ファンを、分散型システムでは12.5(L)のオイルタンクにドレンクーラとして50(W)の冷却ファンを設けている。

図5では、油温と周囲の温度差が徐々に拡大していき、運転終了時には約37(℃)の温度差となり、システム損失が油温上昇を招いている。図6では、運転開始後30分で温度差が約15(℃)となり、その後運転終了まではほぼ一定であった。分散型システムでは温度差が定常に達するのも速く、その温度差も小さく、熱損失が小さいシステムであるといえる。

4. まとめ

集中型システムと分散型システムを、一般の製造現場で想定される運転条件で、実際に運転しその消費電力を測定した結果、分散型システムの方が消費電力が小さく、エネルギー効率が高い事が確認できた。

これまで油圧源集中型システムは、初期投資が安価なため、多くの製造現場に導入されてきた。油圧源側で接続される負荷の数に応じてポンプを多連化するなどの方策によりエネルギー効率を改善することも可能である。しかし、集中型システムでは、一般的に要求エネルギーの異なる複数のアクチュエータが接続される事が多く、時間単位で変化する各アクチュエータの要求エネルギーに対して、1つの油圧源で損失なく高効率で運用可能なシステムを設計することには限界がある。そのために、オイルタン

表1 消費電力比較

	油圧源集中型システム (3本シリンダ非同期運転)	油圧源分散型システム (モーションバック)
8時間積算電力(kWh)	37.6	8.2
シリンダ1本換算 消費電力(kWh/本)	12.5	8.2
比率(%)	100	66

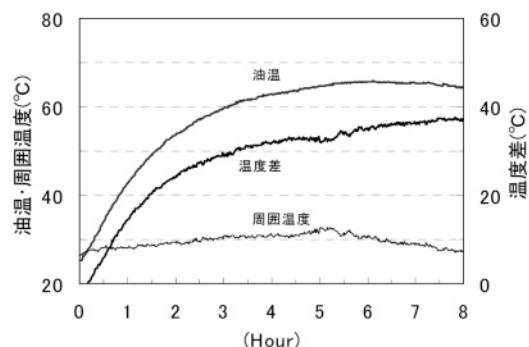


図5 集中型システムの非同期運転における油温変化 (タンク容量 200(L))

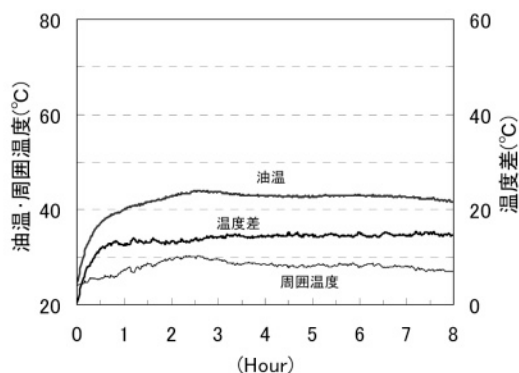


図6 分散型システム油温変化 (タンク容量 12.5(L))

ク容量や管路損失などを考慮して設計余裕が大きくなる必要があり、そこに大きなエネルギー損失が発生している。また、生産計画の変更に伴う各油圧アクチュエータの作業工程の見直しに対して、油圧源側の制御構造を柔軟に変更することが難しい。

しかし、油圧源分散型システムではアクチュエータと油圧源が一对一に対応しているため、アクチュエータの要求するエネルギーに対して、油圧源側で負荷感应制御などのエネルギー効率の高い制御構造が実現できる。また、制御構造が各システムごとに自律化されており、全体の生産計画の変更などにも柔軟に対応でき、集中型システムに比べ、高いエネルギー効率での運用を見込む事ができる。

現在、地球規模でのCO₂削減など地球温暖化防止を目的とした多くの条約や提言がなされている。産業界においても、改正省エネルギー法の施行など生産現場に求められる環境が変化しており、よりエネルギー効率の高いシステムの採用が必要となってきた。

今後は、このように小規模でエネルギー損失の少ない油圧源分散型システムを工程内に複数配置し、全体としてのエネルギー効率を高めた生産システムの導入が考えられる。

本報告の内容は、平成16年度高知県科学技術立県を支える人材育成事業において「モーションパックによる省エネ型油圧プレス装置の開発と評価」として実施したものである。

参考文献

- 1) 佐藤嘉一：機械設計、Vol.46 No.1 (2002)、pp. 34-35
- 2) 不二越ハイドロニクスチーム：新・知りたい油圧 基礎編、ジャパンマシニスト社、(1993)
- 3) 不二越ハイドロニクスチーム：新・知りたい油圧 活用編、ジャパンマシニスト社、(1996)