

1. はじめに

油圧は動力伝達の有力な手段の一つであり、その応用は、生産設備、作業用機械など多くの分野で広く普及している。本論文では、油圧による仕事の大きさ、速さ、方向を制御する広範な利用事例のなかで、特に、油圧機器より室内あるいは現場で、静的な荷重を所定の载荷パターンに従って実施する場合の、パーソナル・コンピュータ利用によるプロセス制御システムについて述べる。そして、各種入力载荷パターンに対する本油圧発生制御システムの応答、追従性について、モデル・マッチング試験を実施して、工学分野における適用の可能性について検討する。

2. 油圧発生制御システム

油圧発生制御システムは、圧力を検出する圧力変換器、制御対象となる油圧機器、これを電気により制御する電気制御装置、載荷パターンの入力信号を発するパーソナル・コンピュータを用いたコントローラ、そして検出器を通して収録される記録部より主に構成される。これらのシステム構成の概要および制御の流れを示したのが図-1である。

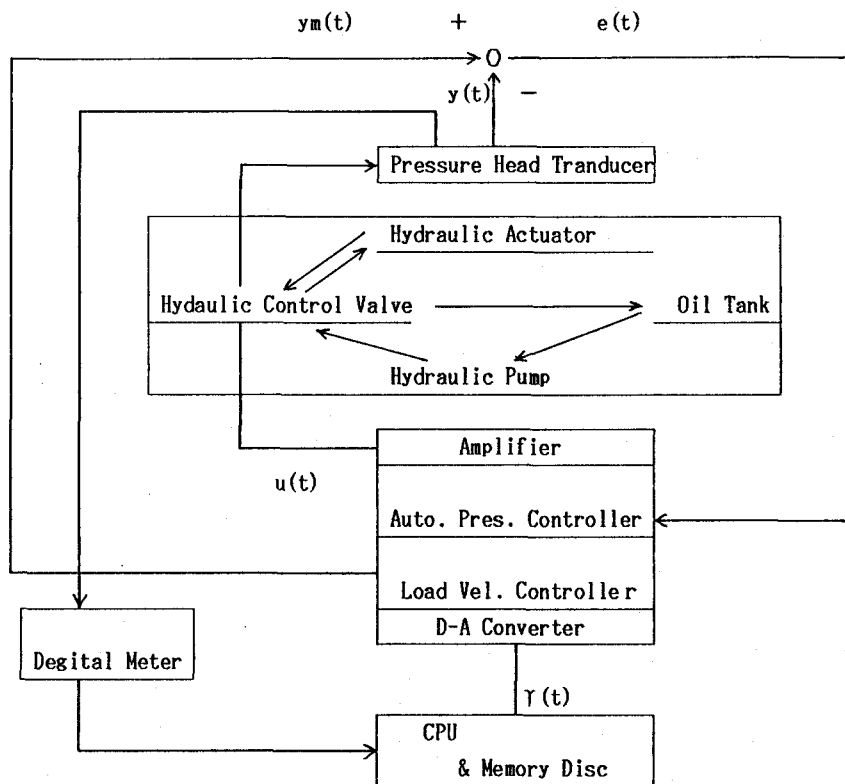


図-1 油圧発生制御システムおよび制御フロー

油圧機器について、その規模、型式は、使用目的によって当然異なってくるが、主に、油圧アクチュエータである油圧シリンダー、油圧制御バルブ、油圧ポンプそして油タンクより構成される。これらの各機器の特性を生かした適正な組み合わせが良質な油圧を発生させることができる。ここでは、制御弁としてソレノイドタイプを用いている。

次に、電気制御装置について、静止状態にある油圧機器をステップ入力で立ち上げようとする場合、その応答は、負荷および摩擦のため所定圧力をオーバーシュートして整定するまでにしばらく時間を要することが知られている。したがって、この整定までの応答過程をいかに速に制御するかで、油圧システムの適用性が左右される。すなわち、CPUからの入力信号 $r(t)$ は、増幅器信号 $u(t)$ を経て制御弁を操作しシリンダーを作動させる。この作動圧信号 $y(t)$ は、規範圧信号 $y_m(t)$ により作動したかどうかは検査され、両間の偏差信号 $e(t)$ が許容されるまで、 $y_m(t)$ と整合するまで調節器により自動調節を行う。ここでは、この調節器としてPI動作制御調節器を用いている。また、载荷速度調整は、入力電圧によってその速度が調整できる制御回路によって設定する方式をとっている。

油圧制御システム系全体のコントローラとして、市販のパーソナル・コンピュータを用いる。コントローラは、D-A変換器を経て電気制御装置に指令を与える他、制御された油圧あるいは载荷対象の挙動測定値などを収録する役割を実行する。コントローラの実行内容の主要なものについて示したものが図-2である。

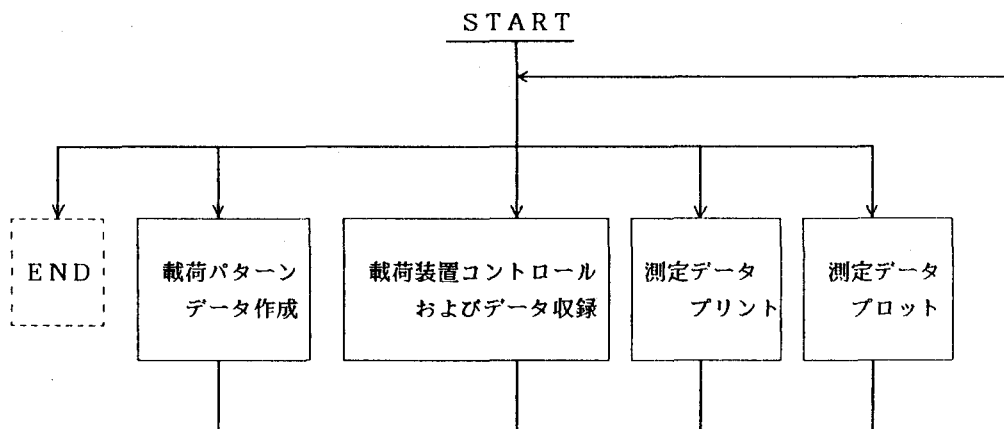


図-2 コントローラ実行プログラム

3. モデル・マッチング試験

本油圧制御システムの各種载荷パターンモデルに対する追従性性能を調べ、システムの適用性を探るため、モデル・マッチング試験を行った。

試験方法は、CPUへの入力载荷パターンモデルに対する出力データの比較、すなわち、圧力変換器出力との比較によってその追従性の性能を検討する。そのため、圧力変換器からの出力信号は、20秒間隔に記録用ディスクに収録し、これをプロッター出力により、圧力を縦軸に、時間軸を横軸にして描くことにした。

载荷パターンは、载荷の目的、载荷対象の性状等に応じて定められる。一般に、ある一定の载荷速度を持った場合、直線载荷、繰返し载荷、階段状载荷そして持続载荷が考えられる。この他、これらの組み合わせ载荷あるいは非線形载荷も当然考えられよう。ここでは、多様な载荷パターンのなかで基本的载荷様式と考えられる、载荷速度を変えた直線载荷、一定荷重を繰返す繰返し载荷、階段状に荷重を上げそして下げる段状载荷そして一定荷重を持続させる持続载荷の試験をそれぞれ実施する。

1) 直線載荷試験

載荷油圧 300kgf/sq.cm の場合、次の3種類の載荷速度 30、50、100 kgf/sq.cm/min.について、それぞれの応答の直線性を試験した。

図-3-(1) にこの入力載荷パターンが示されている。これに対し、20秒間隔で計測・収録された結果をプロッターで描いたのが、右図、図-3-(2) である。油圧 0~13 kgk/sq.cm の低圧領域において、載荷速度如何によって応答までに数秒から数十秒のむだ時間が生じており、載荷速度が遅い程立ち上がりまでに時間を要している。

しかし、その後の直線性は、上昇、下降過程とも非常に高い精度で追従していることがわかる。圧力誤差は1%以下、約3kgf/sq.cm以下である。ただし、載荷速度は、30kgf/sq.cm/min.程度に低くなると、上昇速度に対し下降速度が若干遅れる傾向が見受けられる。

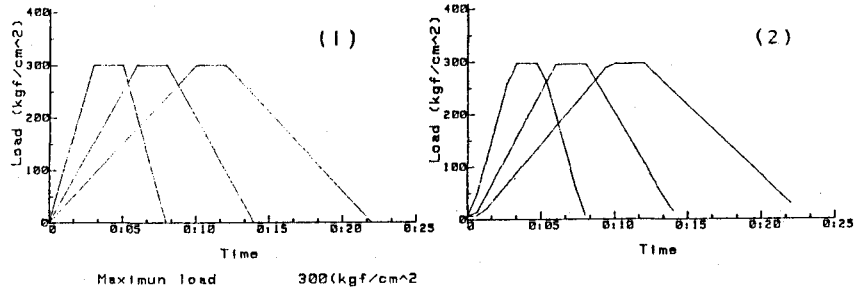


図-3 直線載荷試験

2) 繰返し載荷試験

載荷油圧300kgf/sq.cm の場合における繰返し載荷を、載荷速度 50kgf/sq.cm/min. で3回繰返し、繰返し過程での応答を調べた。

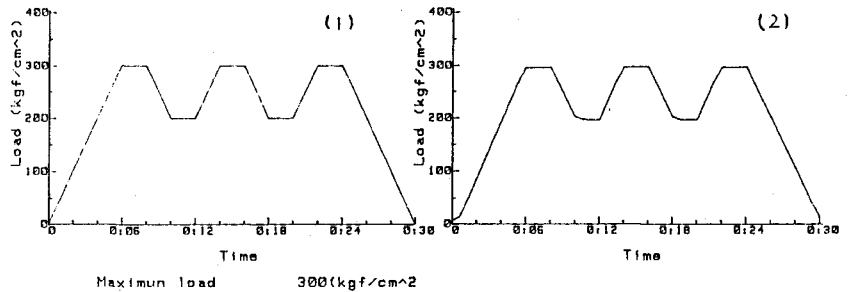


図-4 繰返し載荷試験

図-4-(1)に入力パターンを(2)に測定結果を示している。繰返し試験についても、200kgf/sq.cm除荷時、圧力線に一部ゆがみが見られるものの全体を通じて所定圧に対し誤差1%以下という精度を示している。

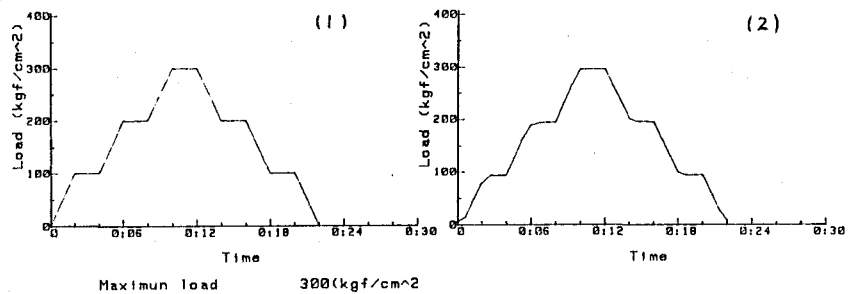


図-5 階段状載荷試験

3) 階段状載荷試験

載荷油圧100、200、そして300 kgf/sq.cmを、載荷速度50kgf/sq.cm/min.で階段状に圧力を上げ、また同様に下げその応答性を調べ比較したのが図-5-(1) (2)である。この載荷パターンについても同様の高い追従性を示している。

4) 持続載荷試験

載荷油圧300kgf/sq.cmを24分間持続させ、この間の整定精度を調べた結果が図-6である。持続期間中は、0.1%以下という精度で一定荷重を保持していることがわかる。このことから、長時間載荷にも十分耐えうるものと考えられる。

以上の各種荷重パターンに対する追従性試験から、本システムの圧力および荷重速度制御機能、その応答特性、そしてそれぞれの精度が明かになった。その結果、圧力制御について、立ち上がり時に若干のむだ時間が生じるものの、その後の応答については、すべての荷重パターンに対して応答も速くしかも1%以下の高い精度で制御できることがわかった。また、荷重速度制御については、全体的に線形制御が可能であるが荷重速度が非常に遅くなると、すなわち、入力電圧が微小になると下降速度が上昇速度に対しやや遅くなってヒステリシス誤差が生じてくることがわかった。

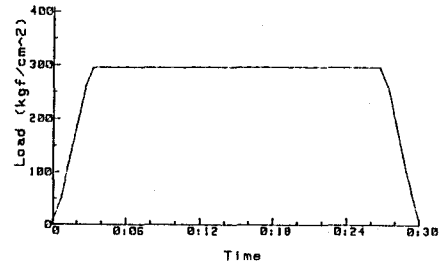


図-6 持続試験

4. 結論

油圧を利用した仕事を、パーソナル・コンピュータでコントロールして自動化するため、或は、ロボット化するため、油圧発生制御システム（ALPS）を開発した。その際、作られたシステム機能の使用目的そして要求される制御能力、精度如何によって、そのシステム構成は当然異なったものになるが、ここでは、持ち運びが自由な、軽量かつコンパクトなユニットであること、人間による油圧機器の静的な操作と同等の制御精度を有すること、そして安価であることを最低条件としてシステム構成した。

その結果、モデル・マッチング試験で明らかになったように、パーソナル・コンピュータ指令に呼応した電子制御による電磁比例弁の応答性の高さ、調整器によるフィードバック制御の速さが守備よく作動するため、速度変化の制御だけでなく、繰返し荷重、階段状荷重などの各種荷重パターンについても人間による操作精度を遙かに凌ぐ高い感度、速度で応答することが明かとなった。そして、その制御精度についても、1%以下の誤差という高い精度で追従できることがわかった。

したがって、本油圧発生制御システムの適用が一般の工学分野、たとえば、構造模型実験、破壊試験あるいは原位置地盤での変形試験、長時間連続クリープ試験などで十分使用可能であると言え、この具体的適用を今後実践していきたいと考えている。

最後に、本油圧発生制御システムの設計、製作に御協力頂いた関係諸氏、特に、終始にわたり御指導願った電源開発（株）総合技術試験所、構造試験研究室員の方々に深く感謝致します。