

油圧駆動機構におけるスティックスリップについて

(第1報) —粘度係数の影響—

大島 貴 充 ・ 渡 辺 修

Study on the Stick-Slip in Hydraulic Driving Mechanism (Ist Report)

—The Effect of Coefficient of Viscosity—

Takamitsu OHSHIMA, Osamu WATANABE

本報は、油圧駆動しゅう動面に発生するスティックスリップの原因を、油圧駆動系に起因するものと、しゅう動面の状態に起因するものとのわけて考え、しゅう動面モデル実験装置において、油圧駆動系の作動油粘性を、温度によって制御することにより、スティックスリップを小さく、発生しにくくできることを実験的に求めたものである。

1. 緒 言

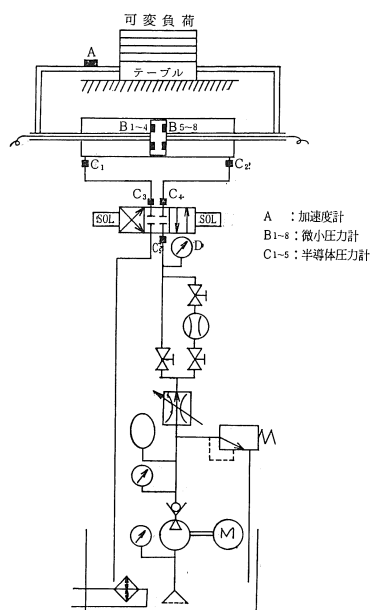
油圧駆動機構におけるスティックスリップについて、従来から種々の研究がなされてきた。特に最近、自動化の急速な進歩にしたがって、油圧駆動機構の使用が急激に増加し、その精度や性能も高度なものが要求されてきている。工作機械などにおける低速で一定速度の送り、油圧サーボ機構による微小な位置の制御などにおいては、スティックスリップの発生は重要な問題となる。このスティックスリップを防止する方法は、実用的な面から、しゅう動面の摩擦特性を改善する方法が中心であった。しかしながら、油圧駆動機構の性能を向上させるためには、従来、調節不可能に近いとされている駆動機構側の改善が必要である。そこで、我々は、直動型油圧機構を用い、被移動物体のしゅう動面の改善と、油圧シリンダ・配管系・作動油を含めた駆動系の改善の両面から、スティックスリップの実用的な防止方法を見つけるべく、現在、モデル装置により基礎実験を行っている。

本報においては、作動油温を調節することにより、作動油の粘性、及び、配管系（シリンダを含む）の熱ひずみと、スティックスリップの関係について、一部実験結果がでたので報告する。

2. 実験装置及び実験方法

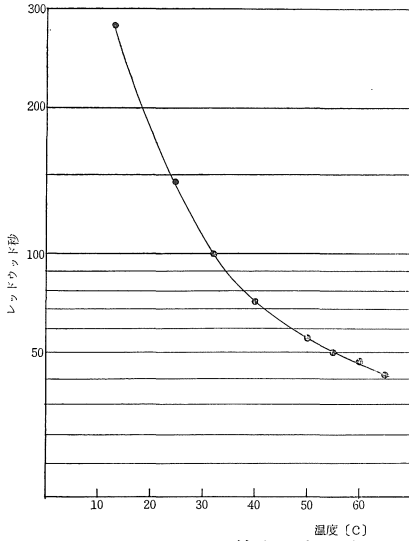
第1図に、本実験に用いている装置図を示す。入力側に絞りがあるメータイン回路で、比較的スティックスリップがおこりやすくしてある。

使用作動油は、シェルオイル27番で、温度制御装置により $\pm 2^{\circ}\text{C}$ の精度で、任意の温度にセットされる。第2図に、使用作動油の粘度温度特性を示す。



第1図 実験装置概要図

ギヤポンプにより吐出された作動油の振動は、四方弁の前では完全に除去されている。ブルドン管圧力計 D（第1図）で、実験圧にセットする。四方弁の入力ポート・出力ポート、シリンダの入力ポート・出力ポートには、豊田工機製半導体小型圧力変換器（固有振動数・60 Kc以上、許容温度範囲・ $-30^{\circ}\text{C} \sim +100^{\circ}\text{C}$ 、第1図・C1～5）をそう入し、連続的に圧力の測定を行なう。油圧シリンダは、本実験用に設計した特殊シリンダで、シリンダ径60φ、ロッド径26φ、ストローク300mmの両側ロッド型である。ピストン受圧部には、片側4箇所ずつ、計8箇の



第2図 作動油の粘度温度特性

機製2902型電磁オシロによって記録される。写真1に実験装置の全容を示す。

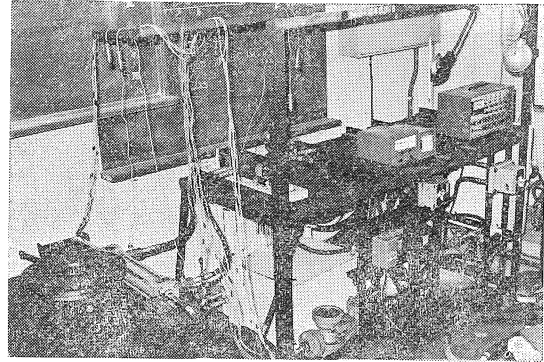
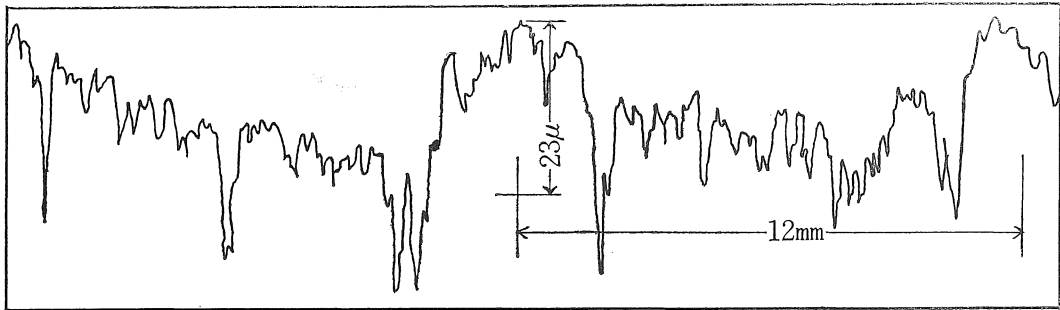


写真1 実験装置

3. 実験結果及び考察

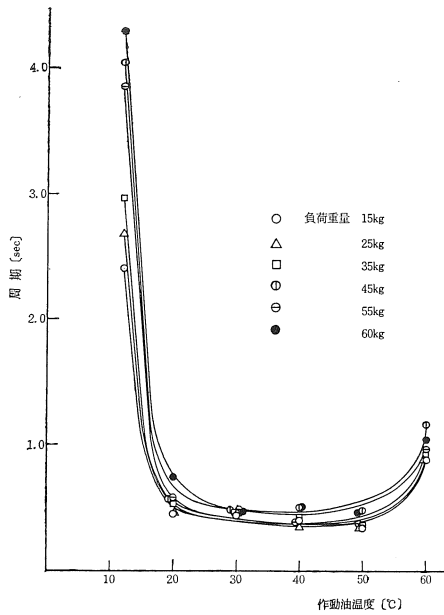
第4図から第6図までは、しゅう動面に潤滑油を用いない乾摩擦状態での実験結果である。しゅう動面は、



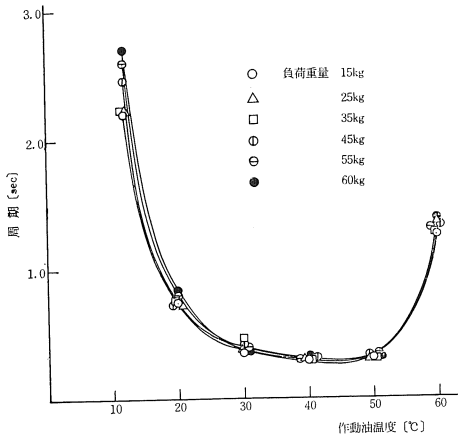
第3図 テーブルしゅう動面の表面特性

共和電業製微小圧力計（固有振動数・20Kc以上，許容温度範囲・-30°C～+80°C，第1図・B1～8）をうめこみ，ロッドの軸方向の穴を通してリード線をシリンダ外へとりだしている。テーブルの材質はFC15であり，しゅう動面は研削仕上げである。負荷の変更は5Kg単位で重量の増減ができる重りによる。テーブルベースはFC15で，プレナ加工のみで，第3図のような一定周期の凹凸のある表面をもつ。本実験では，この一定周期の凹凸に直角方向にテーブルをすべらせた。しゅう動面の接触面積は227mm×88mmで約200cm²である。うねりの周期は，第3図より12mmであるので，テーブルは18本～19本の平行な凸部と接触している。従って，実際の面圧は非常に大きなものにしてある。凹部は，潤滑油使用の場合，しゅう動面の油溝となり全面にわたって均一な潤滑状態をつくる。しゅう動状態は，新興通信社製 UA 型加速度計（±5g，±10g，第1図・A）及び，共和電業社製 A型加速度計（±5g，±10g，第1図・A）で検出している。上述の検出器より得た出力は，新興通信社製DS6型動ひずみ測定器（搬送周波数 5500Hz）を経て，横河電

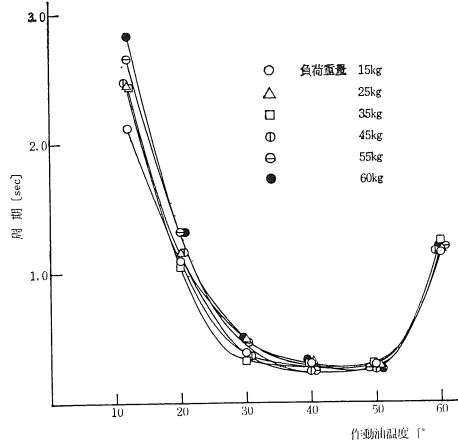
平面と，すべり方向に直角な線状面との金属接触であり，しゅう動抵抗はこの金属凝着部をせん断的に破断させるための力^①と考えられる。乾摩擦状態では，摩擦回数が増すに従い，スティックスリップのステップも大きくなり，しゅう動面も悪くなる^②ので十分な時間をおいて実験をおこなった。一般に作動油温度が上昇すると，作動油の体積弾性率，粘性が減少しスティックスリップは発生しにくくなる。第4～第5図において，油温の低い15°Cにおいては，スティックスリップの周期（1ステップの時間＝スティックの時間＋スリップの時間）は非常に長い。特に設定圧2.5Kg/cm²の時はいちじるしい。このことは，設定圧が駆動圧に近い場合，スティック時間が長くなり，従って静止摩擦が大きくなり，大きなスティックスリップが生じたものと考えられる。設定圧が6Kg/cm²，10Kg/cm²と増すと周期は短くなり，また短くなる割合が小さくなる。いずれの場合も，油温40°C付近でスティックスリップのステップが最小値となっている。第2図の粘度温度特性から，粘度は40°C，50°C，60°Cではほぼ一定であるから，粘度の影響が非常に大きいことがわかる。



第4図 非潤滑状態. 設定圧 $2.5\text{Kg}/\text{cm}^2$



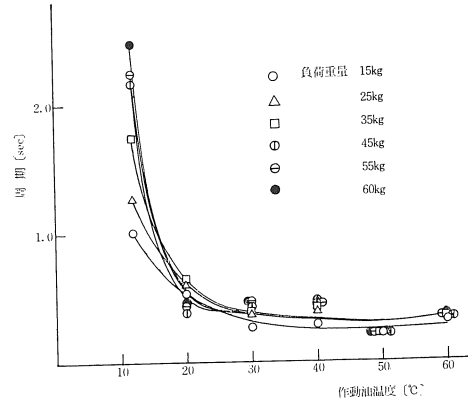
第5図 非潤滑状態. 設定圧 $6.0\text{Kg}/\text{cm}^2$



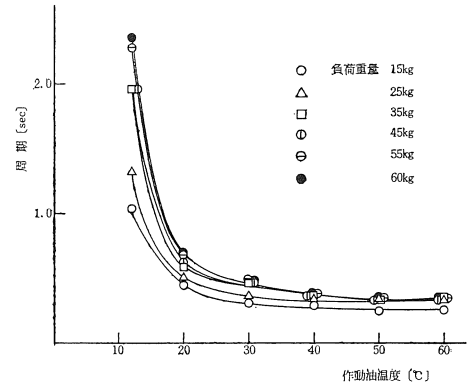
第6図 非潤滑状態. 設定圧 $10\text{Kg}/\text{cm}^2$

粘性の低下により、回路内の作動油の流れ、特に四方弁ポート部や、シリンダポート部の流れが良好になるためである。

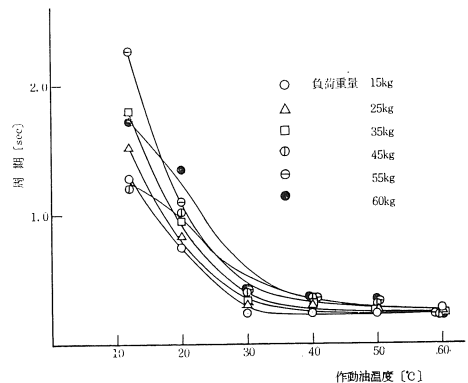
第7図から第9図は、しゅう動面に潤滑油を使用した場合の実験結果である。潤滑油は、実験で用いている作動油（シェルテラスオイル27番）を使用した。しゅう動面には、最大深さ約 20μ 、巾 10mm の溝が18本～19本平行にあるので潤滑は十分行なわれる。完全潤滑であれば、



第7図 潤滑状態. 設定圧 $2.5\text{Kg}/\text{cm}^2$

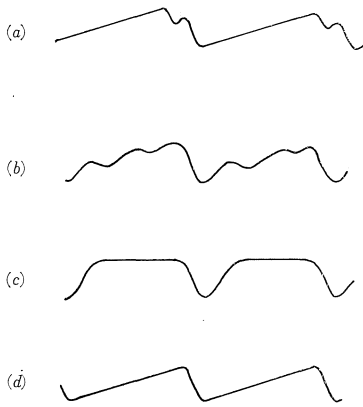


第8図 潤滑状態. 設定圧 $6.0\text{Kg}/\text{cm}^2$



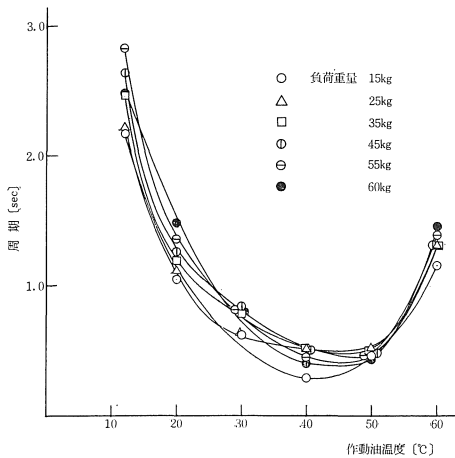
第9図 潤滑状態. 設定圧 $10.0\text{Kg}/\text{cm}^2$

その摩擦力は粘度と摩擦速度に比例するが、本実験では、完全潤滑と境界潤滑の混合した状態であることが、第10図のシリンダ内圧力波形の形状より推定される。第7図、第8図、第9図における設定圧間の傾向は、乾摩擦の場合と全く同様であるが、駆動開始時の静摩擦は、はるかに小さくなっていることがわかる。スティックスリップの最小値は、40℃、50℃、60℃と広い範囲にわたるが、60℃ではやや大きくなっているものもあるので、今後の実験で検討したい。作動油の温度が30℃付近で、スティックスリップが大きくなるとすれば、シリンダの熱ひずみによる影響とも推定できる。

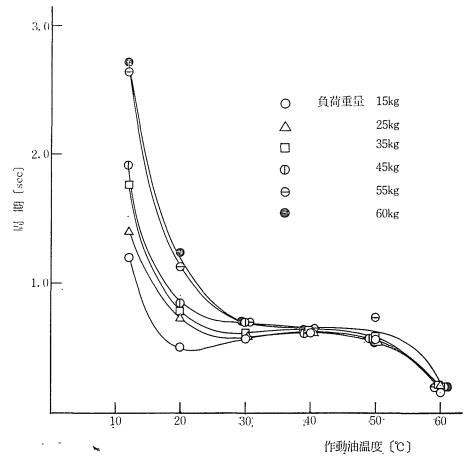


第10図 代表的な圧力波形（入力側）

第10図は、スティックスリップ中のシリンダ内、入力側の圧力波形を示す。この圧力波形は、スティックスリップが単純な動作のくりかえしでないことを示す。



第11図 非潤滑状態。設定圧6.0Kg/cm²



第12図 潤滑状態。設定圧6.0Kg/cm²

第11図は第5図と、第12図は第8図と、全く同一条件で、進行方向を反対に行なった実験結果を示す。同じしゅう動面を逆に進行するのであるが、全くちがった結果を示している。進行方向に対するしゅう動面のちがいが、シリンダの精度、四方弁の精度等のわずかなちがいでよって生じたものである。

4. 結 言

スティックスリップは、作動油の粘性の影響を大きくうけ、適当な粘性に対しては発生しにくくなる。従って、駆動系において、駆動系自体が熱ひずみの悪影響をうけない範囲で、作動油を適当な温度に制御することが必要である。

5. 文 献

- (1) 佐藤賢弥, トヨタ技報, VOL.4
- (2) 窪田雅男, 中村秀, 三井武良男, 吉田嘉太郎, 機械試験所報告, 第34号
- (3) 松崎淳, 橋本誠也, 日本機械学会論文集, 28巻, 194号, (昭37-10)