

III-27 高精度シールド自動方向制御システム

ー ジャッキ 2 分割圧力制御方式 ー

佐藤工業株式会社 正 桐谷 祥治
 石川島播磨重工業株式会社 田方 茂佳
 株式会社東京計器 梅野 貢一

1. はじめに

著者らが開発したシールドの自動方向制御システムは、統計処理と比例制御処理を組み合わせた制御理論を有するソフトウェアを用いており、人間による制御を上回る高精度の掘進を実現している。ところで、ジャッキパターンを設定する方式の場合、コンピューターが設定する制御量とジャッキパターンによって設定される実際の制御量には避けられない誤差(設定誤差)が発生する。本論では、この設定誤差を縮小することにより、自動制御の精度をさらに向上させる目的で実用化したシールドの推進油圧系と、その制御回路から構成される「推進ジャッキの圧力制御方式」の概要と実施例について報告するものである。

2. 本システムの特長

圧力制御方式では、油圧を変えることにより連続的かつ正確に回転モーメントを設定することができる。さらに、掘進中に総推力が変化しても、回転モーメントに影響を与えることがない。したがって、コンピューターで設定する指令モーメントと実際に設定された実績モーメントの差がほとんどなくなり、制御精度は向上する。また、これまでの自動方向制御の演算処理では、量的に大きな比重を占めていたジャッキパターンの設定のための演算処理を必要としないので、ソフトウェアは簡素化される。

3. 圧力制御方式の概要

本圧力制御方式では、図-1に示すように、1つもしくは2つの基本的なジャッキパターンのみを使用する。これらのパターンは、負荷圧運転側と制御圧運転側に二分されており、回転モーメントの大きさの成分は、負荷圧力と制御圧力の差圧(必要差圧)に比例するので簡単に、連続的かつ正確に設定することができる。モーメントの方向の成分は、ジャッキ選択演算器によって基本ジャッキパターンを回転させることにより設定する。

図-2に、油圧回路の概要を示す。制御圧信号は、演算制御増幅器により指令回転モーメントの大きさの成分から演算される差圧とフィードバックされる負荷圧側ジャッキ圧力の差として出力する。これにより、総推力の変化に伴って負荷圧力が変動しても常に指令回転モーメントに比例した必要差圧が得られる制御回路を構成している。

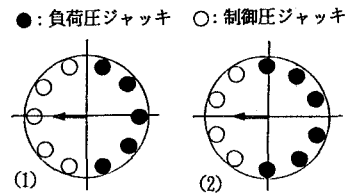


図-1 基本ジャッキパターン例

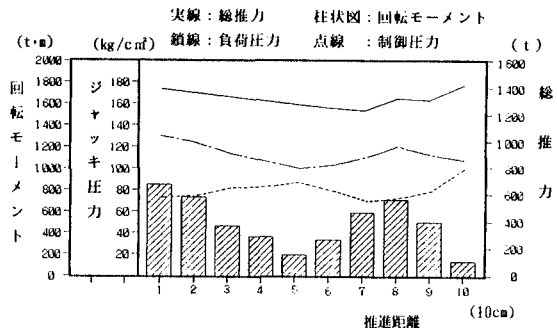


図-2 圧力制御方式による制御状況

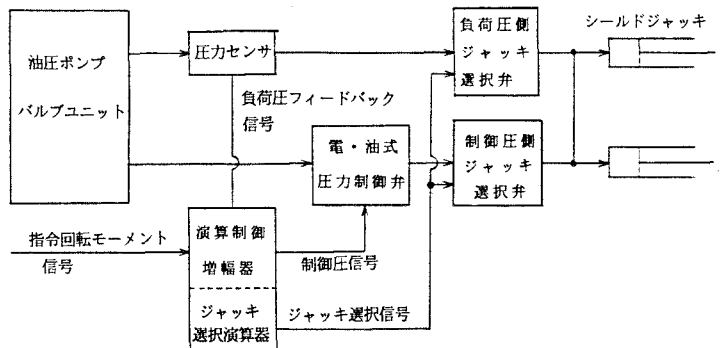


図-3 圧力制御回路ブロック図

4. 圧力制御方式とパターン設定方式

実施工において、本圧力制御方式を、従来の自動方向制御システムと併用して比較検討を行った。ジャッキ本数が24本の泥水式シールドで実施した結果を図-4に示す。この図より、モーメントは、総推力変動の影響を受ける事なく、独立して設定されていることがわかる。図-4(a)は、指令モーメントと実績モーメントの設定誤差の実績値と、このリングの掘進データを用いてパターン設定方式で制御した場合に発生する計算上のモーメントの設定誤差を示している。パターン設定方式の方が圧力制御方式に比べて誤差が大きいことがわかる。この例のようにパターン設定方式では、総推力の変化に伴って実際に発生する回転モーメントが変化し、設定値とずれてしまう。さらに、設定値は連続量として算定されるのに対して、パターン設定方式では回転モーメントを不連続にしか変化させることができない。これらの複合した要因で大きな誤差の発生する可能性がある。なお、この実施例では、制御数値モデルから逆算して、 $100(t \cdot m)$ のモーメントの誤差は、シールドの方向変化量に換算して約0.01度の制御偏差となる。自動方向制御システムの制御精度は、これまでの実績から0.02度以内であり、そのことから大きな誤差であることがわかる。これに対して、圧力制御方式における理論的な設定誤差は、モーメントの方向の成分の不一致によるもののみとなる。24本のジャッキでは、最大0.2%の誤差となる。図に示すように、実績においてもほとんど無視できる誤差と判断できる。

図-4(b)は、ジャッキ本数が少ないシールドで圧力制御方式を使用したときの設定誤差を示している。ジャッキは10本であり、モーメントの方向の成分の不一致の度合いは比較的大きくなり、理論上の最大設定誤差は5%になる。ところが実績では、図に示すように計算上のパターン設定方式による設定誤差よりはるかに小さいという結果が得られた。これは、ジャッキ本数が少なくなれば、パターン設定方式でも回転モーメントの大きさの成分だけでなく方向の成分の設定に大きな制約を受けることによると思われる。

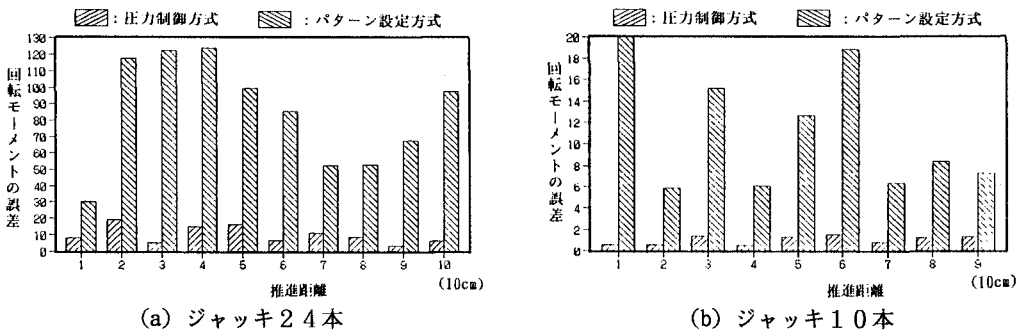


図-4 回転モーメントの設定誤差（圧力制御方式は実績値、パターン設定方式は計算値）

5. 考察

本圧力制御方式による自動方向制御システムは、制御量の算定が単純であり、かつ出力された制御量に応じて精度よく制御できることが実証された。また、方向制御のために自動設定される回転モーメントが、総推力の設定や変更に関与せず、それらへ影響を与えないことが確認できた。本方式によっても、モーメントの方向の成分の不一致による設定誤差が残されているが、実用上は問題にならない程度のものであることが実施工により示された。さらに、これらをなくす方法として、すべてのジャッキの油圧を制御する方法が考えられるが、制御量算定が複雑となること、および、総推力の変動への対応等が必要になると考えられる。

<参考文献>

桐谷、他 「ジャイロコンパスによるシールドの自動方向制御システム」

土木学会第44回年次講演会 1989.10